

BIJDRAGEN TOT DE KENNIS VAN HET AARDAPPEL-  
ZETMEEL

DOOR

DR. K. ZIJLSTRA

(Ingezonden 2 December 1941)

## § 1. Inleiding

Het aardappelmeel, het uit den aardappelknol gewonnen zetmeel, is een artikel van zoo algemeene bekendheid, dat het voor een leek wel zeer overbodig moet schijnen, daarover nog onderzoekingen te doen. Toch bestaan er nog vele leemten in de kennis van dit product, o. a. ook wat betreft de grootte der zetmeelkorrels; een onderwerp, waaraan het onderhavige onderzoek is gewijd.

Aardappelmeel wordt voor velerlei doeleinden gebruikt. In de huishouding b.v. voor de bereiding van allerlei spijzen; ook in den vorm van macaroni en vermicelli, waarin het aardappelmeel vermengd is met tarwemeel; bovendien in den vorm van aardappelsago, bereid door nat aardappelmeel door een zeef te wrijven en de daarbij ontstane bolletjes snel en krachtig te drogen.

Een zeer belangrijke rol speelt het aardappelmeel ook als grondstof voor de dextrine. Deze stof wordt niet alleen gebruikt als plakmiddel, maar vooral ook voor het appreteeren van gewezen stoffen en van papier, het sterken van garens in de spinnerijen en weverijen, en voor het dik maken van verven in de katoendrukkerij.

Ook glucose en blanke stroop zijn stoffen, die hun ontstaan danken aan het aardappelmeel; beide worden verkregen door op aardappelmeel verdunde zuren te laten inwerken. Eerstgenoemde stof wordt bereid, door nat aardappelmeel (waarvoor men vooral het in het volgende nog te noemen secunda-meel gebruikt) te hydrolyseeren met verdund zwavelzuur. Om blanke stroop (ook aardappelstroop geheeten) te bereiden, roert men nog nat zetmeel aan met  $2\frac{1}{2}$  tot 4 maal zooveel water en 1 % zwavelzuur, en verwarmt dit mengsel onder druk in gesloten cylindere, totdat alle zetmeel is omgezet; de dan nog aanwezige dextrine verhindert het uitkristalliseeren van de glucose in de blanke stroop.

Tenslotte mogen ook nog de bereiding van stijfsel, en het gebruik van aardappelmeel als strooipoeder worden genoemd.

Het aardappelmeel wordt uit de knollen gewonnen in de aardappelmeel-fabrieken, die men in het Noorden van ons land in grooten getale aantreft. Voor deze industrie is natuurlijk een hoog zetmeelgehalte der te verwerken aardappelen van groot belang. Maar ook iets anders is van niet geringe beteekenis, daar hiervan voor een belangrijk deel de kwaliteit van het product afhankelijk is. Ik bedoel hier de zeer sterk uiteenlopende grootte der zetmeelkorrels. Hoe meer groote korrels in het meel voorkomen, des te witter en schitterender ziet het meel er uit. Naarmate het gehalte aan groote korrels kleiner is, is het uiterlijk van het meel grauwer en doffer. Daar de helder witte, glanzende meelsoorten het duurst betaald worden, is het voor den aardappelmeelfabrikant dus van groot belang, dat zijn product een hoog gehalte aan groote zetmeelkorrels bezit; in dat geval kan hij des te meer supra-meel winnen. Maar niet alleen in dit opzicht is de korrelgrootte van belang: ook bij de verwerking van het meel is er verschil in gedrag tusschen groote en kleine korrels. Zoo is het bekend, dat groote korrels bij lagere temperatuur verstijfselen, dan kleine; in geconcentreerde zetmeelmelk b.v. verstijfselen de grootste korrels reeds bij 50° C, bij 55° C alle groote en bij 60° C ten slotte alle korrels (zie SAARE (1), pag. 23 en 294). Verder is het ook waarschijnlijk, dat de groote korrels sneller en beter in suiker worden omgezet dan kleine, en dus zetmeelrijke aardappelen met veel groote zetmeelkorrels de grootste alcoholopbrengsten kunnen leveren in de alcoholfabrieken. En wat de eetaardappelen betreft, wordt het niet onmogelijk geacht, dat de korrelgrootte van het zetmeel een rol speelt in den smaak en in de kookeigenschappen. Zelfs de duurzaamheid van den aardappel is misschien, behalve van het eiwitgehalte, mede van het gehalte aan groote zetmeelkorrels afhankelijk (zie PAROW (2), pag. 271).

Van hoeveel belang het nu ook in verschillende opzichten is, juiste gegevens te bezitten aangaande de korrelgrootte, toch zijn wij hierover tot dusverre slechts zeer onvolledig ingelicht. Verklaarbaar is dit intusschen wel, want het bepalen van de grootte der zetmeelkorrels is niet zoo eenvoudig als het schijnt. De grootte loopt namelijk zeer uiteen. In een partij zetmeel kan men alle overgangen aantreffen van ongeveer 1  $\mu$  tot ongeveer 100  $\mu$  diameter. Dit maakt het moeilijk, van het meel de karakteristieke korrelgrootte op te geven.

Het is dan ook niet verwonderlijk, dat men in de literatuur allerlei afwijkende opgaven aantreft, waarvan de meeste klaarblijkelijk berusten op zeer oppervlakkige waarnemingen. Een aantal voorbeelden wil ik hier vermelden.

VAN TIEGHEM (3) geeft als gemiddelde grootte der aardappelzetmeelkorrels  $90 \mu$  op.

SAARE (1) (pag. 48—49) heeft de korrelgrootte vrij uitvoerig nagegaan en talrijke metingen verricht. Zoo heeft hij o. a. den gemiddelden diameter bepaald van verschillende handelsproducten van een aardappelmeelfabriek, waarbij hij vond:

voor prima-meel . . . . .	33 $\mu$
secunda-meel . . . . .	21 $\mu$
tertia-meel . . . . .	17 $\mu$
„Schlamm” . . . . .	12,5 $\mu$

en voor de naar de buitenbassins weggespoelde korrels  $8 \mu$ . Op grond van die bepalingen onderscheidt SAARE nu:

prima-korrels,	diameter	$> 21 \mu$
secunda-korrels,	„	$21-12,5 \mu$
verlies-korrels,	„	$< 12,5 \mu$

Hieruit blijkt dus al duidelijk de groote verscheidenheid der korrels. Ook vond deze onderzoeker, dat de korrels grooter worden bij toenemende rijpheid der knollen. Daarom moet de aardappelmeelfabriek alleen rijpe aardappelen verwerken, daar deze de grootste opbrengst aan eerste product en de beste kwaliteit beloven (pag. 58).

VOGL (4) (pag. 175) geeft slechts op, dat eenige van de korrels een lengte van  $90 \mu$  en zelfs iets meer bereiken, doch dat de meeste  $45-75 \mu$  lang zijn.

Volgens TSCHIRCH en OESTERLE (5) komen van zeer kleine, slechts weinige  $\mu$  lange, korrels af alle overgangen voor tot  $70$  à  $90 \mu$ , ja zelfs tot  $100 \mu$  en meer.

Het is PRINS (6) geweest, die dit materiaal nauwkeuriger heeft onderzocht door statistische metingen. Zijn onderzoek bepaalt zich echter slechts tot twee partijtjes aardappelmeel. In de eene partij bedroeg het gemiddelde van de lengte der korrels  $23,7 \mu$ , in de andere partij  $23 \mu$ . De lengte liep uiteen van  $1 \mu$  of minder tot ongeveer  $85 \mu$ .

Zeer afwijkende opgaven treffen wij aan bij PASSON (7), die als minimum-afmeting der korrels  $45 \mu$  opgeeft, als maximum  $180 \mu$  en een gemiddelde van  $70$  tot  $90 \mu$ . Ook bij TOLLENS (8) vinden wij een zeer hooge waarde, n.l. als „häufigster Wert”  $70 \mu$ , terwijl volgens dezen auteur de afmetingen van  $60$  tot  $100 \mu$  uiteenloopen. Ongeveer hetzelfde wordt door HASSACK (9) vermeld, n.l. als maximale grootte ongeveer  $100 \mu$ , en een gemiddelde van  $50$  tot  $89 \mu$ .

PAROW (2) geeft als uiterste grenzen  $3$  en  $100 \mu$  op.

Verreweg het uitvoerigst en het best is de korrelgrootte bestudeerd door NERLING (10). Uit het onderzoek van het door hem bewerkte materiaal blijkt de korrelgrootte te varieren van 2 tot 100  $\mu$ . Ook tracht hij na te gaan, hoe groot de percentages van de diverse korrelgrootten van het geheele materiaal zijn. Merkwaardig is het, dat ARTHUR MEYER (11) in zijn belangrijk werk over de zetmeelkorrels in het geheel niet de grootte der korrels vermeldt.

Tenslotte moet nog melding worden gemaakt van een onderzoek, verricht door MÜLLER en LEHMANN (19). Hierin wordt als maat voor de fijnheid van een zetmeelmonster de tijd gekozen, die het, in een 100 cm hoge kolom water opgeslibde, zetmeel noodig heeft, om geheel tot bezinking te komen. Hoewel in deze methode veel aantrekkelijks is gelegen, en men er ook wel duidelijk verschillen in fijnheid van het meel mee kan aantonen, leert ze ons echter niet veel aangaande de ware grootte der zetmeelkorrels, noch betreffende de distributie der verschillende korrelgrootten over het geheele materiaal. Volgens deze onderzoekers varieerde de korrelgrootte van 20 tot 100  $\mu$ .

## § 2. Methode van meting der zetmeelkorrels

### Constructie der frequentiekromme

Teneinde de korrelgrootte in een partij meel te bepalen, en verschillende partijen meel met elkander te kunnen vergelijken, heb ik mij bediend van een statistische methode, die bijzonder geschikt is om een groot aantal korrels onder de microscoop te meten, en alle noodige gegevens verschaft voor de constructie van een frequentiekromme (verdeelingskromme).

De voornaamste grootheden van de kromme kunnen op eenvoudige wijze worden bepaald, n.l. de mediane, de quartielen en het arithmetisch midden (gemiddelde korrelgrootte).

Deze methode is ontleend aan de monographie van T. TAMMES (12) over het vlas; de beschrijving er van komt voor in die verhandeling op pag. 40—42.

Voor een dergelijk statistisch onderzoek is het van het uiterste belang, het materiaal op de juiste wijze te kiezen. Daaraan moet alle zorg worden besteed. De microscopische preparaten van het te meten zetmeel moeten natuurlijk volkomen betrouwbaar zijn, d. w. z. in elk preparaat moeten de korrels op precies dezelfde manier vertegenwoordigd zijn, als in de partij meel, waarvan men de korrelgrootte wil leeren kennen. Bij het maken van het preparaat moeten wij er dus voor zorgen, dat wij geen overmaat van groote of van kleine korrels krijgen. Er mag bij het vervaardigen van de preparaten geen ontmenging van het materiaal plaats vinden, en buitendien is het van belang, dat de korrels zoo gelijkmatig mogelijk in het preparaat verspreid liggen.

Om dit te bereiken, neem ik van de te bestudeeren partij meel op een groot aantal plekken met een lepeltje kleine hoeveelheden, totdat ik in het

geheel ongeveer 5 gram bij elkaar heb. Deze hoeveelheid wordt nu in een kolf met 300 cc *verdunde glycerine* geruimen tijd omgeschud. Direct na het omschudden, voordat de vloeistof tot rust is gekomen, neem ik er ter halver hoogte met een 1-cc-pipet 1 druppel uit. Deze druppel wordt dan onmiddellijk op een objectglas gebracht, waarna het dekglas (ter grootte van 24 bij 32 mm) er voorzichtig op wordt gelegd. Hierbij heeft men er voor te zorgen, dat de zetmeelkorrels zich regelmatig verspreiden en zich niet aan één kant van het preparaat ophoopen.

Deze methode is eenvoudig en tevens betrouwbaar. Door het omschudden van het meel in de vloeistof komt een zeer volledige vermenging van de korrels van alle afmetingen tot stand. Het is hierbij van groot belang, te zorgen, dat deze meelopslibbing zoo lang mogelijk homogeen blijft, m. a. w. dat er niet spoedig weer een ontmenging intreedt. Schudt men het meel in water op, dan beginnen de grootste korrels reeds te zinken, zoodra men met schudden ophoudt; het is dan niet goed mogelijk, er een monstertje uit te nemen, waarin men nog alle korrels in de juiste verhouding aantreft. De bezinkingssnelheid is te groot. Daarom heb ik gezocht naar een vloeistof, waarvan de viscositeit groot genoeg is, om alle korrels zwevende te houden gedurende den tijd, die noodig is, om een monstertje te nemen. Aan deze eigenschap beantwoordt met water verdunde glycerine, n.l. *60 volumedeelen zuivere glycerine plus 40 volumedeelen water*. Dit mengsel bezit een soortelijk gewicht van 1,15. Tevens biedt deze glycerine het groote voordeel, dat het zetmeel niet meer op het objectglas in een andere vloeistof behoeft te worden overgebracht; men kan de korrels direct in dit medium meten; de grootte verandert er niet in, zooals het geval is in water, waarin de korrels een weinig opzwellen. Ook behoeft men geen uitdroging van het microscopisch preparaat te vreezen; maandenlang laten deze preparaten zich ongewijzigd bewaren. Een klein proefje gaf mij een indruk van de grootte-veranderingen, die de korrels in water ondergaan. Uit een verschen aardappelknol werden zetmeelkorrels genomen en hiervan een microscopisch preparaat in water gemaakt. Van 3 korrels werd nauwkeurig de lengte bepaald; deze bedroeg 45,5, 39,6 en 41,6  $\mu$ . Vervolgens werd het preparaat gedurende 5 dagen in een met water verzadigde ruimte bewaard, waarna dezelfde 3 korrels opnieuw werden gemeten. De lengte was nu 49,5, 40,8 en 43,2  $\mu$ ; de toeneming, uitgedrukt in procenten der oorspronkelijke lengte, was dus bij de eerste korrel 8,7 %, bij de tweede 3,03 % en bij de derde 3,85 %. (TUNMANN (13) nam waar, dat luchtdroge zetmeelkorrels van den aardappel door een verblijf van 5 dagen in water 4,3 % in grootte toenamen, en tevens, dat de opzwellings niet bij alle korrels gelijk was.)

Op dezelfde wijze werden 3 andere korrels uit een verschen aardappel in

een glycerine-preparaat gemeten; de glycerine was met water verdund tot een s. g. van 1,15. Dadelijk na het maken van het preparaat waren de lengten 61,3, 26,5 en 38,0  $\mu$ . Dat preparaat werd nu zonder bijzondere voorzorgsmaatregelen in een preparatenmap stofvrij bewaard en na 11 dagen opnieuw gemeten. De lengten bedroegen toen 61,3, 26,1 en 38,4  $\mu$ . De grootste korrel was dus gelijk gebleven, de kleinste was 1,5 % ingekrompen, en de derde 1,05 % langer geworden. Wij mogen dus veilig aannemen, dat de korrels in glycerine van deze concentratie onveranderd blijven.

Wij zullen nu in bijzonderheden nagaan, hoe de metingen worden verricht. Daar wij groote aantallen korrels hebben te meten, is het natuurlijk van zeer groot belang, dat het zoo eenvoudig en snel mogelijk gebeurt. Wij gebruiken hierbij een vergrooting van ongeveer 500 (oculair 4 en objectief D van Zeiss) en de microscoop is toegerust met den grooten teekenspiegel van Abbe.

Wanneer men een preparaat waarneemt onder de microscoop, die voorzien is van den teekenspiegel, dan ziet men tegelijk het preparaat en het onmiddellijk naast de microscoop gelegen deel van de tafel. Men krijgt dan den indruk, dat het microscopische beeld op de tafel ligt, naast de microscoop. Daardoor is het dus mogelijk, met de meetliniaal, naast de microscoop, de voorwerpen van het microscopisch preparaat te meten; men ziet n.l. tegelijk de liniaal en het voorwerp, in ons geval hier de zetmeelkorrel. Als meetliniaal gebruik ik een stuk van ruim 7 cm lengte van een gewone liniaal met millimeterverdeeling, waarvan de zwarte deelstrepen op een witten ondergrond zijn aangebracht. Op deze manier kan men de zetmeelkorrels even snel en gemakkelijk meten, als een werkelijk op de tafel liggend voorwerp.

Wanneer wij nu de gemiddelde grootte der korrels willen bepalen, zijn wij genooddaakt een groot aantal te meten, en wel zoodanig, dat wij het geheel aan het toeval overlaten, welke korrels gemeten worden. Het groote gevaar is bij dergelijk werk, dat men licht een bepaalde keuze uit de korrels gaat doen. Als men b.v. eenige keeren achtereen telkens groote korrels heeft gemeten, is de verleiding groot, te gaan zoeken naar kleine. Dat moet beslist worden vermeden. En dat kan men het best doen, door alle korrels te meten, die zich in het gezichtsveld vertoonen, en dan tevens deze metingen uit te voeren in alle deelen van het preparaat. Daar er echter meestal een zeer groot aantal korrels in het gezichtsveld liggen, is dit niet goed mogelijk; men komt dan licht in verwarring en het gevolg is, dat sommige korrels meermalen worden gemeten, terwijl andere worden overgeslagen. Dit is nu te voorkomen, door een gedeelte van het gezichtsveld door eenige merkteekens af te grenzen, en in dat deel dan alle korrels, zonder uitzondering, te meten.

Wij passen hierbij de volgende methode toe. De microscoop is voorzien van een beweegbare tafel (de groote kruistafel), waarmee het preparaat

mechanisch in twee loodrecht op elkaar staande richtingen verschoven kan worden. In het oculair leggen wij een net-micrometer (Okular Netz-Mikrometer, 5 mm<sup>2</sup>, van Zeiss). Dit is een glazen schijfje, waarop een kwadraat van 5 mm<sup>2</sup> is gegraveerd, dat zelf weer in 10 × 10 kwadraten, elk met een zijde van ½ mm, is onderverdeeld. Hierdoor wordt het gezichtsveld in kwadraten verdeeld.

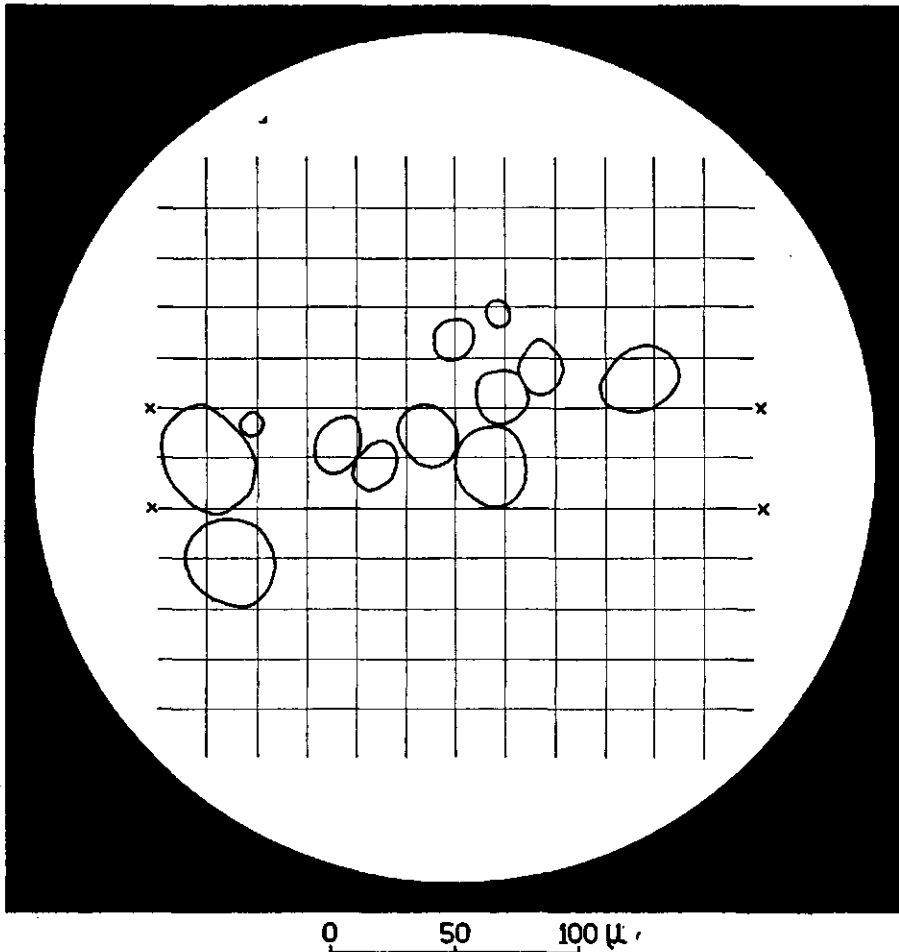


Fig. 1

De beide middelste rijen van deze kwadraten, van links naar rechts gericht, worden met eenige stipjes rooden inkt gemerkt, teneinde ze duidelijker te laten uitkomen; want het zijn alleen deze beide rijen, welke wij willen gebruiken (zie fig. 1).

Bij den aanvang van het meten stellen wij de microscoop nu in op den linkerrand van het preparaat en we meten dan alle korrels, die geheel, of tenminste met hun centrum binnen de beide bovengenoemde kwadratenrijen liggen. Het aantal korrels is daardoor zoo beperkt, dat het overzicht gemakkelijk is, en we geen vergissingen meer behoeven te vreezen.

Hebben wij nu al deze korrels gemeten, dan verschuiven wij het preparaat over een afstand, gelijk aan den diameter van het gezichtsveld, en meten nu weer de binnen de beide kwadratenrijen liggende korrels. Zoo gaan wij door, totdat wij den rechterrand van het preparaat hebben bereikt. Indien het gemeten aantal dan nog niet groot genoeg is, verschuiven wij het preparaat over een kleinen afstand naar voren, of naar achteren, en gaan door met het meten, totdat wij weer bij den linkerrand van het preparaat zijn aangekomen. Als minimum-aantal meten wij 1000 korrels. Is dit aantal bereikt, voordat wij aan den rand van het preparaat zijn aangekomen, dan gaan wij door met meten, totdat de rand weer is bereikt. Daardoor hebben wij meer zekerheid, dat wij alle soorten korrels ontmoeten, ook als deze zich bij het maken van het preparaat, tengevolge van het opleggen van het dekglas, min of meer onregelmatig mochten hebben verspreid.

Na deze opmerkingen over de techniek van het meten moeten wij nog bespreken, op welke manier het noteeren van de metingen plaats heeft en welke grootheden er later uit worden afgeleid.

Wij volgen daarbij de methode, welke door T. TAMMES (12) is beschreven in haar reeds bovengenoemde verhandeling: „Der Flachstengel”, pag. 40—42. De zetmeelkorrels worden gemeten met intervallen van 1 mm van onze meetliniaal. Aan den linkerkant van een vel geruit papier worden de intervallen in volgorde onder elkaar opgeschreven, dus 0—1, 1—2, ....., 10—11, ....., enz. tot 49—50, of soms nog meer. Bij het meten der korrels wordt nu telkens achter het interval, waarin een korrel thuis behoort, een streepje gezet; steeds in een ruitje slechts één streepje. Heeft men b.v. een korrel, waarvan de lengte tusschen 18 en 19 mm van onze meetliniaal in ligt, dan wordt er een streepje gezet achter het interval 18—19. Zoo doorgaande krijgen wij tenslotte achter elk interval een aantal streepjes, die ons aan het einde van het onderzoek in een oogopslag doen zien, hoe de verschillende korrelgrootten in ons materiaal gedistribueerd zijn.

Deze methode van noteeren is zeer gemakkelijk, en het meten kan zeer vlug geschieden, daar wij ons niet behoeven op te houden met het bepalen van de juiste lengte van de korrel, doch slechts hebben na te gaan, tusschen welke grenzen de lengte is gelegen. Wanneer wij nu zorgen, dat de vergrooting van onze microscoop precies 500 is, dan vertegenwoordigt een millimeter



van onze liniaal  $2\mu$ . Dit vereenvoudigt de berekening van de verschillende grootheden van onze frequentiekromme.

Ik moet er hier nog even uitdrukkelijk op wijzen, dat mijn metingen alleen de *lengte* van de zetmeelkorrels betreffen en niet den gemiddelden diameter, zooals wel wenschelijk geweest zou zijn. De statistische bepaling van den gemiddelden diameter van elke korrel is bij een zoo groot aantal korrels echter onuitvoerbaar, want de aardappelzetmeelkorrels zijn meereendeels onregelmatige lichamen van zeer uiteenlopenden vorm (zie fig. 2). Weliswaar schijnt de meerderheid rond of ovaal te zijn, maar ook deze korrels zijn geen regelmatige omwentelingslichamen, geen bollen of ellipsoïden

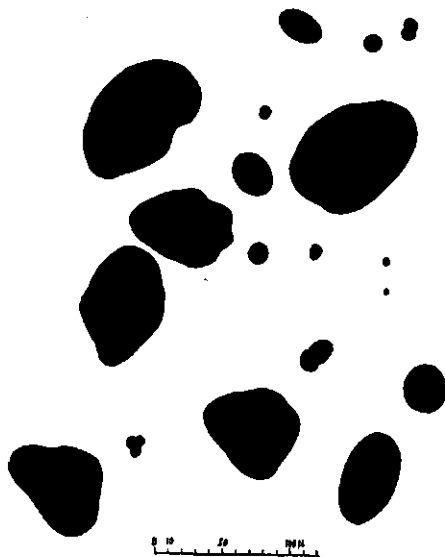


Fig. 2

Dit blijkt, wanneer wij in een microscopisch preparaat de korrels doen rollen, door het dekglas voorzichtig met een naald te drukken of te verschuiven; dan bemerken wij, dat ze min of meer afgeplat zijn. Dit feit is ook door verschillende onderzoekers opgemerkt.

VOGL (4) vermeldt, dat de meeste korrels  $45-75\mu$  lang zijn, bij  $45-60\mu$  breedte en  $15-32\mu$  dikte. ARTHUR MEYER (11), die in het geheel geen afmetingen opgeeft, maakt echter wel de opmerking, dat de korrels in jongen toestand cirkelvormig in doorsnede zijn, doch zich later, onder den invloed van den druk van het protoplasma, afplatten. Dat de korrels in doorsnede lensvormig zijn, wordt door PAROW (2) vermeld.

Daarentegen vinden wij bij TSCHIRCH en OESTERLE (5), dat de korrels

nooit afgeplat zijn, en bij SAABE (1), dat alle korrels rond zijn in de doorsnede. Soms gelukt het, de afmeting van drie loodrecht op elkaar staande assen van enkele korrels te bepalen. Dit heb ik bij vier korrels gedaan, met het volgende resultaat:

	1e korrel	2e korrel	3e korrel	4e korrel
Lengte . . . . .	42 $\mu$	28 $\mu$	43 $\mu$	53 $\mu$
Breedte . . . . .	30 „	24 „	29 „	30 „
Dikte . . . . .	20 „	20 „	25 „	26 „

Hieruit blijkt wel voldoende duidelijk, dat een bepaling van den gemiddelden diameter bij een groot aantal korrels in de practijk onmogelijk is. Het zou veel te veel tijd kosten, terwijl de gevonden waarden toch ook nog niet nauwkeurig zouden zijn, aangezien de meeste zetmeelkorrels lichamen zijn van onregelmatige gedaante, waarvan men eigenlijk in het geheel geen gemiddelden diameter kan bepalen.

Ik heb mij daarom bij deze onderzoeken tevreden gesteld met het meten van den grootsten diameter van elke korrel (nadat ik mij er van had overtuigd, dat de curven van de grootste breedte en die van het gemiddelde van lengte en breedte hetzelfde karakter bezitten als de lengtecurve). Deze statistische methode is eenvoudig en niet al te tijdroovend; ze kan ook, zooals gebleken is, zeer goed worden toegepast voor het meten van andere kleine lichamen, b.v. gronddeeltjes (zie dissertatie J. ENGELHARDT (14)).

Wij zullen nu, ter verduidelijking, in het kort een voorbeeld van onze zetmeelmetingen behandelen, en wel van supra-meel (1ste kwaliteit) van een der veenkoloniale fabrieken (fabriek F). De uitkomsten van deze meting (totaal 1054 korrels) vinden wij in de hier volgende tabel: TABEL 1

Intervallen:	0—2—4—6—8—10—12—14—16—18—20—22—24—26—28—30—
Aantal korrels	0   0   1   4   17   26   38   76   85   100   102   79   78   51   51
Intervallen:	32—34—36—38—40—42—44—46—48—50—52—54—56—58—60—
Aantal korrels	49   46   32   28   35   17   14   18   12   13   18   9   10   6   2
Intervallen:	62—64—66—68—70—72—74—76—78—80—82—84—86—88 $\mu$
Aantal korrels	4   6   4   1   2   3   1   1   2   0   0   0   2   1

In de bovenste rij vinden wij de intervallen; elk interval omvat een speelruimte van 2  $\mu$ . Het aantal korrels van elk interval vinden wij in de onderste rij.

Wij zien hieruit b.v., dat er 85 korrels zijn, waarvan de lengte tusschen 16 en 18  $\mu$  in ligt, 100 korrels, waarvan de lengte tusschen 18 en 20  $\mu$  in ligt, enz. Het interval 20—22  $\mu$  bevat het grootste aantal korrels; naar links en rechts neemt het aantal geleidelijk af, behoudens enkele onregelmatigheden. Wanneer wij met deze gegevens een variatiekromme teekenen, dan zullen wij dus een top zien, corresponderend met het interval 20—22  $\mu$ . Het blijkt dus, dat onze variatiekromme scheef is; de top ligt vrij ver naar de zijde van de kleine korrels.

Uit onze metingen willen wij nu eenige grootheden berekenen, welke noodig en voldoende zijn om de gemiddelde grootte en de variatie der korrelafmetingen te karakteriseeren. In de eerste plaats bepalen wij, welke afmetingen door de eene helft van het aantal korrels niet wordt bereikt, maar door de andere helft wordt overschreden, d. i. de Mediane (Med.), uitgedrukt in  $\mu$ . Door aftellen van de helft van het aantal gemeten korrels, in ons voorbeeld dus van 527, vinden wij, dat de Mediane moet liggen in het interval 20—24  $\mu$ . Een eenvoudige berekening, waarbij wij aannemen, dat de korrelafmetingen gelijkmatig over het interval zijn verdeeld, leert ons, dat de waarde van de Mediane 23,722  $\mu$  is. Verder bepalen wij op dezelfde wijze de punten  $q_1$  en  $q_2$ . Door de grenzen  $q_1$ , Med. en  $q_2$  wordt het totale aantal korrels in vier gelijke deelen verdeeld. De korrels van het eerste vierde deel zijn kleiner dan  $q_1$ , in ons voorbeeld 16,388  $\mu$ ; die van het laatste vierendeel zijn grooter dan  $q_2$ , in dit geval 33,022  $\mu$ . Tusschen  $q_1$  en  $q_2$  ligt het halve aantal korrels, n.l. die helft, welke het minst van de Mediane afwijkt. Door de grootheid  $Q$ , het Quartiel, d. i.  $\pm \frac{q_2 - q_1}{2}$ , wordt de geheele speelruimte aangegeven, waar-

binnen de afmetingen van de centrale helft van het aantal gemeten korrels zijn gelegen. Dit Quartiel is de zoogenaamde „*waarschijnlijke afwijking*”: wanneer wij een willekeurige korrel uit onze partij zetmeel nemen, dan is de kans, dat het een korrel is, waarvan de lengte binnen Med.  $\pm Q$  ligt, even groot, als dat de lengte daar buiten valt. Het Quartiel is dus een maat voor de variatie van de korrelgrootte. Willen wij echter de variabiliteit van het eene materiaal met die van een ander materiaal vergelijken, dan moeten wij het Quartiel uitdrukken in de waarde van de Mediane, dus als  $\frac{Q}{\text{Med.}}$ , d. i. de *variabiliteitscoëfficiënt*.

Behalve de genoemde grootheden bepalen wij ook nog de *gemiddelde lengte* der korrels. Deze grootheid  $M$  wordt gevonden, door de som der afmetingen van alle korrels te deelen door het aantal korrels. Daar dit een zeer omslachtige berekening zou vorderen, maken wij gebruik van een becijferingsmethode, die een aanmerkelijke tijdsbesparing oplevert. Aan de hand van het op de vorige bladzijde reeds besproken getallenvoorbeeld zullen wij hier deze een-

voudige berekening uitvoeren. (Deze methode is ontleend aan W. JOHANNSEN (15), *Elemente der exakten Erblchkeitslehre*, 2. Aufl. 1913, pag. 32—37.)

Wij gaan hierbij uit van een voorloopig aangenomen gemiddelde, dat wij A noemen, en bedenken, dat het *werkelijke* gemiddelde M gekenmerkt is door het feit, dat de som van alle afwijkingen er van gelijk is aan 0. Onze grootheid A kiezen wij bij voorkeur zoo, dat zij niet veel kan verschillen van het werkelijke gemiddelde, en wij nemen hiervoor het midden van het interval, waarin de M waarschijnlijk is gelegen. Daar de M in dit soort scheeve krommen grooter is dan de Med., en de Med. in ons voorbeeld gelegen is in het interval 22—24, nemen wij voor A het midden van het aangrenzende hoogere interval, dus 25. Dit bedrag moet nu worden gecorrigeerd met een grootheid  $b$ , zoodat  $A + b = M$ . Wij hebben nu dus  $b$ , d. i. de gemiddelde afwijking van A, te bepalen. Dit gebeurt als volgt:

Afwijking $a$ :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aantal $p$ . . . . . { +	51	51	49	46	32	28	35	17	14	18	12	13	18	9	10	6
{ -	79	102	110	85	76	38	26	17	4	1						
Som . . . . . { +	28	51	61	39	44	10	9	0	10	17	12	13	18	9	10	6
{ -																

Afwijking $a$ :	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Aantal $p$ . . . . . { +	2	4	6	4	1	2	3	1	1	2	0	0	0	2	1	
{ -																
Som . . . . . { +	2	4	6	4	1	2	3	1	1	2	0	0	0	2	1	
{ -																

$p \times a$ , positief

$$9 \times 7 = 63$$

$$10 \times 9 = 90$$

$$17 \times 10 = 170$$

$$12 \times 11 = 132$$

$$13 \times 12 = 156$$

$$18 \times 13 = 234$$

$$9 \times 14 = 126$$

$$10 \times 15 = 150$$

$$6 \times 16 = 96$$

$$2 \times 17 = 34$$

$p \times a$ , negatief

$$28 \times 1 = 28$$

$$51 \times 2 = 102$$

$$61 \times 3 = 183$$

$$39 \times 4 = 156$$

$$44 \times 5 = 220$$

$$10 \times 6 = 60$$

$$\text{Som} = 749$$

$p \times a$ , positief

$$4 \times 18 = 72$$

$$6 \times 19 = 114$$

$$4 \times 20 = 80$$

$$1 \times 21 = 21$$

$$2 \times 22 = 44$$

$$3 \times 23 = 69$$

$$1 \times 24 = 24$$

$$1 \times 25 = 25$$

$$2 \times 26 = 52$$

$$2 \times 30 = 60$$

$$1 \times 31 = 31$$

---


$$\text{Som} + 1843$$

$\Sigma pa$  van alle afwijkingen van A =  $+ 1843 - 749 = + 1094$ ;  
aantal gemeten korrels = 1054;

dus gemiddelde afwijking van A, of  $b = + \frac{1094}{1054} = + 1,038$

interval van  $2\mu$ .

$$\text{of } b = + 2 \times 1,038 = 2,076 \mu,$$

$$\text{dus } M = A + b = 25 + 2,076 = 27,076 \mu.$$

Wij beginnen met de afwijkingen  $a$  op te schrijven (zie bovenste rij pag. 1234). 1 beteekent hierin: afwijking van A, ten bedrage van 1 interval; 2 beteekent: afwijking van A, ten bedrage van 2 intervallen, enz. In de tweede en derde rij schrijven wij het aantal korrels, waargenomen in het betreffende interval, en wel in de tweede rij de positieve, in de derde rij de negatieve waarden. In de vierde en vijfde rij vinden wij de som van de aantallen korrels, met inachtneming van het positieve en negatieve teeken. Wanneer wij vervolgens het positieve en het negatieve aantal der afwijkingen  $p \times a$  afzonderlijk berekenen en deze bij elkander optellen, dan vinden wij het totale aantal afwijkingen van A ( $= \Sigma pa$ ). Wanneer wij  $\Sigma pa$  nu door het aantal gemeten korrels deelen, dan vinden wij de gemiddelde afwijking  $b$  van A, en dus ook  $A + b$ , of de werkelijke gemiddelde lengte M der korrels.

Nu kunnen we op dezelfde manier als wij in het voorgaande hebben gezien, het Quartiel ook uitdrukken in de M, dus als  $\frac{Q}{M}$ , de *Quartielcoëfficiënt*.

(Wenscht men ook nog de *middelbare afwijking* te berekenen, naast de waarschijnlijkste afwijking, dan zijn daarvoor alle gegevens aanwezig. Eenvoudigheids-halve kunnen wij echter ook zeggen, dat de middelbare afwijking gelijk is aan  $\frac{3}{2}$  maal de waarschijnlijkste afwijking.)

Wanneer wij de bovengenoemde gegevens door meting en berekening hebben verzameld, dan rest ons nog, deze door grafische voorstellingen te verduidelijken. Met de variatiereeks van getallen, welke wij onmiddellijk door onze metingen verkrijgen, willen wij een frequentiekromme construeeren, die een veel duidelijker beeld geeft, en ook de vergelijking met de metingen van ander materiaal vergemakkelijkt.

Hoe wij dit doen, zullen wij weer aan de hand van ons getallenvoorbeeld

TABEL 2

Intervallen: 0 — 2 — 4 — 6 — 8 — 10 — 12 — 14 — 16 — 18 — 20 — 22 — 24 —													
Aantal korrels $a$	0	5	43	114	195	181	129	100	78	63	31	30	
Percentage . .	0	0,5	4,1	10,8	18,5	17,2	12,2	9,5	7,4	6,0	2,9	2,8	
Summatiereeks:	0	0,5	4,6	15,4	33,9	51,1	63,3	72,8	80,2	86,2	89,1	91,9	

Intervallen: 26 — 28 — 30 — 32 — 34 — 36 — 38 — 40 — 42 — 44 ( $\times 2 \mu$ )										
Aantal korrels $a$	31	19	8	10	5	5	2	2	0	3
Percentage . .	2,9	1,8	0,8	0,9	0,5	0,5	0,2	0,2	0	0,3
Summatiereeks:	94,8	96,6	97,4	98,3	98,8	99,3	99,5	99,7	99,7	100 (%)

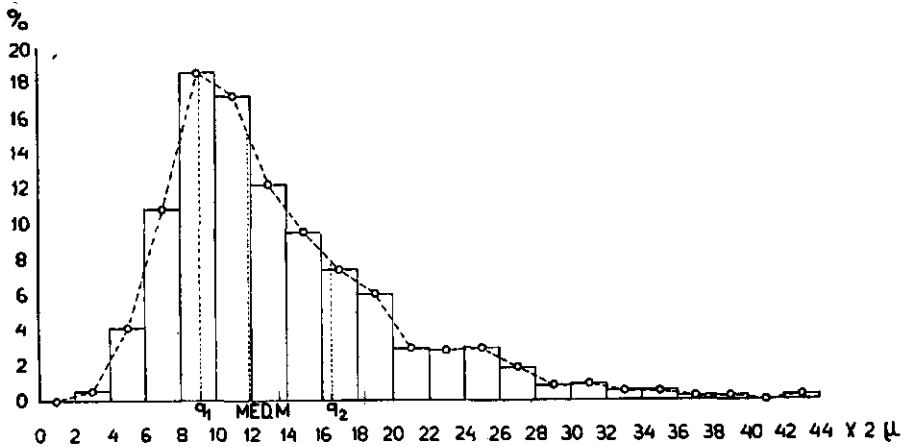


Fig. 3

Fabriek F. Exelsior

$n = 1054$

Lengte der korrels

$M = 27,076 \mu$        $q_2 = 33,022 \mu$

Med. = 23,722  $\mu$        $q_1 = 18,330 \mu$

van pag. 1232 uiteenzetten. Op millimeterpapier worden de intervallen op de abscis uitgezet; hierbij voegen wij telkens twee meetintervallen samen.

In onze teekening (zie fig. 3) is elk interval 1 cm groot, en een speelruimte van  $4\mu$  vertegenwoordigend. Op elk interval als basis richten wij nu een rechthoek op, waarvan de oppervlakte het percentage der in dit interval aangetroffen korrels voorstelt. Als maat voor 1 % kiezen wij een rechthoek van  $\frac{1}{2}$  cm hoogte. Al de rechthoeken tezamen vormen nu dus onze *trappenkromme*. De oppervlakken van deze rechthoeken zijn dus evenredig aan de percentages korrels van de betreffende intervallen; door de middelpunten van de bovenzijden der rechthoeken met elkaar te verbinden, verkrijgen wij een vloeiende kromme, die de hoeken der trappenkromme nivelleert. Bij deze constructie hebben wij dus te doen met een *oppervlaktekromme*; de som van alle gemeten korrels, d. i. 100 %, wordt voorgesteld door de oppervlakte, welke door de abscis en de geheele kromme wordt begrensd. Door steeds dezelfde eenheden voor interval en procent te gebruiken, verkrijgen wij frequentiekrommen (verdeelingskrommen), die onmiddellijk met elkander vergelijkbaar zijn.

Deze frequentiekrommen stellen ons echter niet in staat, af te lezen, hoe groot het percentage korrels is, welke kleiner of groter dan een bepaalde maat zijn (afgezien natuurlijk van de maten Med,  $q_1$  en  $q_2$ ); daarvoor hebben wij een ander soort kromme nodig, n.l. de *summatiekromme*. Op de volgende wijze wordt deze geconstrueerd. Evenals bij de boven besproken frequentiekromme, zetten wij weer onze intervallen op de abscis uit, maar nu richten wij op de grens van elke twee intervallen een loodlijn op, waarvan de lengte de som voorstelt der in de voorafgaande intervallen behorende korrels (uitgedrukt in procenten van het totale aantal gemeten korrels). (Zie fig. 4, bovenste kromme, en verder ook tabel 2, onderste rij, waar de summatiereeks der percentages is opgeschreven). Door de bovineinden der loodlijnen met elkander te verbinden, verkrijgen wij de vloeiende *summatiekromme*. Zeer eenvoudig is het nu, in deze kromme de Mediane en de grootheden  $q_1$  en  $q_2$  te vinden. Trekken wij door het punt op de ordinaat, dat de waarde van 50 % voorstelt, een aan de abscis evenwijdige lijn, en laten wij vervolgens uit haar snijpunt met de kromme een loodlijn neer op de abscis, dan is het voetpunt der loodlijn de plaats van de Mediane. Op dezelfde manier vinden wij  $q_1$  en  $q_2$ , indien wij door de punten der ordinaat, die met 25 % en 75 % overeenkomen, lijnen evenwijdig aan de abscis trekken.

Willen wij, omgekeerd, weten, hoeveel korrels kleiner zijn dan b.v.  $40\mu$ , dan hebben wij eenvoudig slechts door het punt, waar de loodlijn van punt 20 der abscis de kromme snijdt, een aan de abscis evenwijdige lijn te trekken en we vinden dan op de ordinaat het bedrag van 83 %.

### § 3. De mate van betrouwbaarheid der metingen

Wij hebben nu nog na te gaan, welke waarde aan onze metingen van de korrellengte toegekend mag worden, m. a. w. hoe groot de betrouwbaarheid

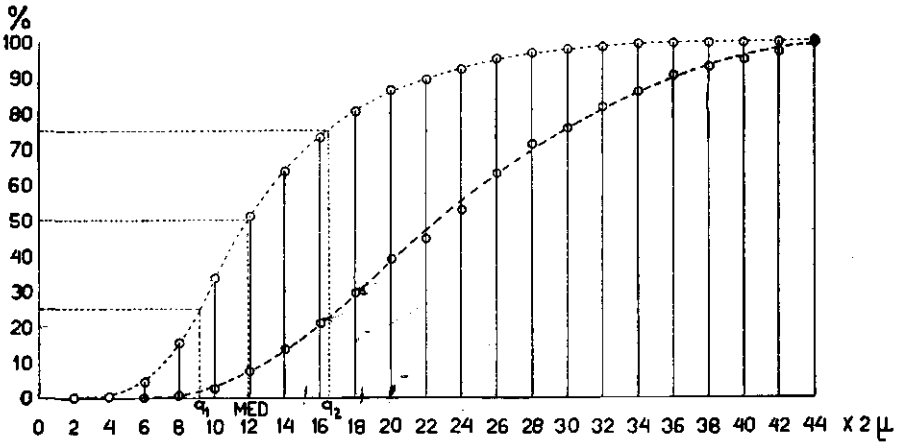


Fig. 4

F. Excelsior

n = 1054

Bovenste kromme : lengte der korrels

Onderste " : gewicht " " "

M = 27,076  $\mu$   $q_1$  = 18,330  $\mu$ Med. = 23,722  $\mu$   $q_2$  = 33,022  $\mu$ 

van deze methode is. Om dit te onderzoeken hebben wij van een en dezelfde partij aardappelmeel, afkomstig van de fabriek A, achtereenvolgens negen keer een monstertje van 5 gram op de in het voorgaande beschreven manier in glycerine opgeslibd en daarvan een microscopisch preparaat gemaakt. Van elk dezer 9 preparaten zijn ruim duizend korrels gemeten, en o. a. de Mediane en de gemiddelde lengte M bepaald. Zodoende verkregen wij dus een reeks van 9 waarden voor Med. en voor M, waaruit zich op de gewone manier de middelbare fout laat berekenen.

Deze 9 preparaten leverden de volgende resultaten op:

TABEL 3

N <sup>o</sup> . der preparaten	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	
Aantal ge- meten kor- rels . . .	1120	1027	1212	1222	1016	1158	1469	1333	1349	
Med. (in $\mu$ )	20,755	21,215	19,704	21,916	22,209	21,315	20,321	19,432	21,389	(gemidd. 20,917 $\mu$ )
M. (in $\mu$ )	24,239	25,015	23,838	25,774	26,985	25,249	24,182	23,236	24,902	(gemidd. 24,824 $\mu$ )



De berekening leert, dat de middelbare fout van  $M$  van een bepaling (d. i. meting van 1 preparaat) gelijk is aan  $\pm 1,115 \mu$ ; de middelbare fout van de Mediane blijkt  $\pm 0,952 \mu$  te zijn.

Deze gegevens hebben wij noodig, wanneer wij de korrelgrootte van de eene partij meel met die van een andere partij willen vergelijken. Wij kunnen nu immers nagaan, welke waarde wij aan het gevonden verschil mogen toekennen. Wanneer wij de gemiddelde korrelgrootte van de eene partij meel  $M_1$  noemen, en die van de andere partij  $M_2$ , dan is de middelbare fout van  $(M_1 - M_2)$  gelijk aan den wortel uit de som der kwadraten van de middelbare fouten van  $M_1$  en van  $M_2$ , dus  $= \pm \sqrt{(1,115)^2 + (1,115)^2}$ , of  $= \pm 1,577 \mu$ . Nu is het bekend, dat het verschil  $M_1 - M_2$  vast staat, m. a. w. reëel is, indien het ten minste driemaal zoo groot is als de middelbare fout van dit verschil, in ons geval dus ten minste  $3 \times 1,577 = 4,731 \mu$  bedraagt.

Dezelfde redeneering geldt voor de Mediane. Het verschil van twee Medianen is reëel, wanneer het ten minste driemaal zoo groot is als de middelbare fout van het verschil. De middelbare fout van  $\text{Med.}_1 - \text{Med.}_2$  is gelijk aan  $\pm \sqrt{(0,952)^2 + (0,952)^2}$  of  $= \pm 1,346 \mu$ , zoodat dus het verschil der Medianen vast staat, indien het ten minste  $3 \times 1,346 = 4,038 \mu$  bedraagt.

Is het verschil slechts tweemaal zoo groot als de middelbare fout van het verschil, dan is de kans, dat het reëel is, ruim 97,7 %; is het gelijk aan de middelbare fout van het verschil, dan is de kans op de realiteit ruim 84,1 % (zie b.v. JOHANNSEN (15), l. c. pag. 74, of MÖLLER-ARNOLD en FEICHTINGER (16) pag. 18).

#### § 4. Gewichtskrommen

Tot dusver hebben wij alleen gesproken over de *aantallen* der korrels van een bepaalde grootte, welke in het aardappelmeel voorkomen en wij hebben die aantallen steeds uitgedrukt in procenten van het totale aantal korrels. In het volgende zullen wij zien, dat de meelpartijen van verschillende fabrieken zich in dit opzicht duidelijk van elkander laten onderscheiden. Evenzoo verschillen de diverse aardappelvariëteiten duidelijk in korrelgrootte van hun zetmeel.

Over het *gewichtsaaudeel* der korrels van een bepaalde grootte worden wij echter door deze methode nog niet ingelicht, m. a. w. wanneer men vraagt hoeveel gram zetmeelkorrels van de grootte-klasse van b.v. 20—22  $\mu$  wordt aangetroffen in een partij meel van 1 kg, dan is daar, op grond van bovenstaande gegevens, nog geen antwoord op te geven. Toch kan het wenschelijk zijn, voor elke grootte-klasse der korrels gemakkelijk aan te kunnen geven, hoe groot het gewichtsaaudeel er van is in de partij meel. Evenals voor de

aantallen der korrels zouden wij voor de *gewichten* een frequentiekromme willen construeeren, waaruit de gewichtspercentages onmiddellijk afgelezen konden worden.

De samenstelling van een nauwkeurige gewichtskromme stuit echter op nog grootere moeilijkheden dan wij bij de frequentiekromme der afmetingen ontmoeten.

In het voorgaande zagen wij reeds, dat onze meetmethode slechts als een benaderende methode beschouwd mag worden. Wij bepaalden immers van de korrels uitsluitend de grootste doorsnede, en niet den gemiddelden diameter. Deze laatste zou alleen tennaastebij berekend kunnen worden, indien wij van de korrels 3 loodrecht op elkaar staande assen zouden kunnen meten. Dat dit niet uitvoerbaar is, hebben wij in het voorgaande reeds betoogd. Daarom geven onze metingen natuurlijk ook slechts uitkomsten, die een niet geheel juist beeld van het materiaal geven. Wij mogen er niet meer in zien dan een benaderingsmethode, die intusschen zeer goed bruikbaar is.

Van de lengtekromme kan nu op een eenvoudige wijze de gewichtskromme worden afgeleid, indien wij ten eerste aannemen, dat de zetmeelkorrels bolvormig zijn, en ten tweede, dat het soortelijk gewicht van alle korrels van een partij meel gelijk is. Wat de eerste onderstelling betreft, weten wij reeds, dat ze nogal aanmerkelijk van den feitelijken toestand afwijkt; vele van de korrels, in het bijzonder de groote, zijn vrij onregelmatige lichamen. Het soortelijk gewicht echter kan in een bepaalde partij meel slechts uiterst weinig verschil vertoonen. Dit blijkt wel duidelijk, wanneer wij de volgende proef doen. Wij stellen een mengsel samen van tetrachloorkoolstof en benzol in een zoodanige verhouding, dat het soortelijk gewicht 1,442 is, d. i. gelijk aan het soortelijk gewicht van zetmeel met een vochtgehalte van 20 %. (Tetrachloorkoolstof heeft bij 0° C een s. g. van 1,631, benzol een s. g. van 0,899.) Voegen wij nu aan bovengenoemd mengsel een weinig zetmeel toe, dan zullen de korrels gaan zweven, indien het meel 20 % vocht bevat. Bij een lager vochtgehalte zullen de korrels zinken, bij een hooger gehalte gaan ze drijven. Door voorzichtige toevoeging van benzol of van tetrachloorkoolstof kan men het nu gemakkelijk zoo regelen, dat de korrels alle blijven zweven. Dit zou niet mogelijk zijn, wanneer het s. g. der korrels ongelijk was; dan zou men sommige korrels zien zinken en andere drijven.

Hoe nu de gewichtskromme geconstrueerd kan worden, willen wij duidelijk maken met hetzelfde voorbeeld, dat wij in het voorgaande hebben behandeld, n.l. het supra-meel van de fabriek F (tabellen 1 en 2). Beschouwen wij b.v. onze tabel 2. Teneinde een kromme van de gewichten te berekenen, moeten wij dus het aantal korrels  $a$  in elk interval vervangen door het gezamenlijke gewicht dezer korrels. Aangezien het volume van de korrel  $\frac{1}{6} \pi l^3$  is (waarin  $l$

de gemeten middellijn is), hebben wij dus voor elk interval het aantal te vervangen door  $a \times \frac{1}{6} \pi l^3 \times \text{s. g.}$  Daar wij verondersteld hebben, dat het s. g. van al de korrels hetzelfde is, en daar de factor  $\frac{1}{6} \pi$  voor alle termen van onze reeks ook dezelfde is, kunnen wij dus volstaan met een vervanging van  $a$  in elk interval door  $a l^3$ . Voeren wij deze berekening uit, drukken wij het voor elk interval berekende bedrag uit in procenten van het gezamenlijke gewicht van alle gemeten korrels, en berekenen wij daarna de *summatiereeks*, dan vinden wij het volgende:

TABEL 4

Bovenste grens van het interval	Summatie in %	Bovenste grens van het interval	Summatie in %
4 ( $\times 2 \mu$ )	0	26 ( $\times 2 \mu$ )	63,1
6	0,1	28	71,2
8	0,96	30	75,4
10	2,4	32	81,8
12	7,6	34	85,7
14	13,8	36	90,3
16	21,0	38	92,5
18	29,3	40	94,8
20	38,6	42	94,8
22	44,8	44	99,0
24	52,7		

In fig. 4 vinden wij deze gewichtskromme door de onderste curve weer-gegeven. Wij kunnen hieruit b.v. direct aflezen, dat de korrels, die kleiner zijn dan  $23 \times 2 \mu$ , dus  $46 \mu$ , samen de helft van het gewicht dezer partij meel uitmaken; slechts  $\frac{1}{4}$  van het gewicht wordt gevormd door korrels, grooter dan  $40 \mu$ , en eveneens  $\frac{1}{4}$  door korrels kleiner dan  $34 \mu$ .

Met dergelijke onderzoekingen heeft ook NERLING (10) zich beziggehouden. Hij begon met de korrels van het aardappelmeel in 9 groottegroepen te schiften, door middel van opslibbing, bezinking en afgieting. Van elke groep werd de gemiddelde korrelgrootte bepaald door meting; en door tellingen werd vastgesteld, hoeveel korrels 1 g zetmeel van elke groep bevatte. Daardoor werd dus ook het gemiddelde korrelgewicht van elke groep, het z.g. gewichtsnormaalgetal, gevonden. Tenslotte werd berekend, hoe groot het gewichtswichtspercentage was van de korrels van diverse grootte.

Deze methode schijnt mij nogal omslachtig te zijn, terwijl de resultaten op deze wijze toch nog slechts benaderend zijn.

De door NERLING beschreven meetmethode komt in hoofdzaak, en zelfs in enkele bijzonderheden, op verrassende wijze met de mijne overeen. De door mij in het voorgaande beschreven methode heb ik reeds uitgewerkt in den

winter van 1924 op 1925, en er een uiteenzetting van gegeven in een vergadering van belanghebbenden bij de aardappelmeelindustrie. Een verslag daarvan is opgenomen in de „Landbouwcourant voor de Veenkoloniën en omliggende streken”, officieel orgaan van den Veenkolonialen Boerenbond, 22e jaargang, n°. 15 van 16 April 1925.

## § 5. De vorm der zetmeelkorrels

In het voorgaande hebben wij op pag. 1231 reeds iets gezegd over de gedaante der korrels, en ook een figuur gegeven van verschillende korreltypen. De daar afgebeelde korrels zijn bij elkander gezocht, zoodat vrijwel alle voorkomende vormen vertegenwoordigd zijn. Deze figuur 2 moet vooral niet zoo worden opgevat, dat daarin een beeld is gegeven van een willekeurig preparaat. Want dat beeld is geheel anders: in een gewoon aardappelmeelpreparaat ziet men in groote meerderheid ovale en nagenoeg ronde korrels; de kleine zijn rond of bijna rond, de grootere ovaal. De algemeene indruk, dien men bij beschouwing van een aardappelmeelpreparaat verkrijgt, is die van een min of meer ovalen vorm.

Wij willen nu dien algemeenen indruk eens in getallen vastleggen, en we kunnen dat nu doen met behulp van onze boven beschreven statistische methode. (Het spreekt vanzelf, dat wij hierbij afzien van de dikte der korrels, wij spreken alleen over de lengte en breedte.)

Als materiaal heb ik zetmeel genomen uit *een enkelen knol* van de variëteit Thorbecke. Het gewicht van dezen knol bedroeg 70 g, de lengte 8 cm, breedte 4,5 cm, dikte 3,25 cm. Om nu zoo groot mogelijke zekerheid te hebben, dat alle soorten van korrels in de juiste verhouding vertegenwoordigd zouden zijn, nam ik op de volgende manier het meelmonster. Dwars door het midden van den knol, d. i. halverwege tusschen navel en top, wordt met een zeer scherpe kurkboor van 4 mm wijdte een cylindertje uitgeboord. Dit boorstukje (of boorsel) wordt voorzichtig uit de boor gestooten direct op een objectglas, en in een paar druppels water, eveneens op het objectglas, afgespoeld. Dit gaat zeer gemakkelijk, door het boorseltje in korte stukjes te snijden en deze in den waterdruppel om en om te wentelen. Hierdoor worden alle door de boor aangesneden cellen van de oppervlakte van het boorsel geheel geledigd. Bij microscopisch onderzoek blijken alle zetmeelkorrels uit de gewonde cellen gevallen te zijn. Het preparaat wordt daarna voorzichtig gedroogd, door het water bij kamertemperatuur te laten verdampen. Vervolgens wordt een druppel alcohol toegevoegd en worden de korrels, die aan het objectglas zijn vastgekleefd, met behulp van een prepareernaald in den alcoholdruppel ver-

spread. Nadat de alcohol nagenoeg geheel is verdampt, wordt een druppel 60 % glycerine toegevoegd en het dekglas er op gelegd.

Van dit preparaat zijn nu de lengte en breedte der korrels gemeten. Het resultaat was:

Lengte der korrels:  $M = 23,670 \mu$ ,  
 $Med. = 20,075 \mu$ ,  
 $q_1 = 12,37 \mu$  en  $q_2 = 32,15 \mu$ .

Breedte der korrels:  $M = 18,177 \mu$ ,  
 $Med. = 17,512 \mu$ ,  
 $q_1 = 11,125 \mu$  en  $q_2 = 24,723 \mu$ .

Vergelijken we nu het gemiddelde (M) van de lengte met dat van de breedte, dan vinden wij de verhouding:

$lengte : breedte = 13 : 10$ .

## § 6. De korrelgrootte van supra-meel van verschillende fabrieken

Voordat ik overga tot de behandeling van het supra-meel van een aantal fabrieken, wil ik de resultaten mededeelen van het onderzoek van meel van verschillende kwaliteiten en wel van de standaardmonsters, welke mij waren verschaft door het Aardappelmeel-Verkoopbureau (A. V. B.) te Veendam. Het zijn, gerangschikt in afdalende reeks, de kwaliteiten *supra*, *prima*, *prima-secunda*, *secunda* en *tertia*; zij worden in de praktijk onderscheiden op grond van een uiteraard vrij oppervlakkige beoordeeling naar kleur, reuk en tast. Het verschil tusschen de 3 eerstgenoemde eenerzijds en de 2 laatstgenoemde anderzijds is zeer duidelijk. De beide laatste hebben n.l. een doffer uiterlijk en de kleur is een weinig grauwwachtig, met een zwak gele tint, vooral *tertia*; beide zijn ze verre van schitterend wit, zooals de beste meelkwaliteiten; en bij schudden van het meel blijken de korrels weinig of niet samen te hangen.

De 3 eerstgenoemde vertoonen veel meer samenhang tusschen de korrels en de kleur is wit, schitterend helder wit bij *supra*, iets minder helder bij *prima*, en nog een weinig minder bij *prima-secunda*. Overigens is het verschil tusschen deze drie onderling niet groot, maar toch ook voor een leek nog wel waarneembaar.

*Supra* en *prima* zijn beide producten van de eerste meelbereiding in den campagnetijd; *prima-secunda*, *secunda* en *tertia* daarentegen hebben hun oorsprong te danken aan de verwerking van het afvalmateriaal, dat gedurende de campagne in de biesbassins wordt verzameld, en pas na de campagne weer in de fabriek terug wordt gebracht, om er nog zooveel mogelijk meel uit af te scheiden. Dit materiaal heeft dus altijd min of meer aan gistings-

en rottingsprocessen blootgestaan; het er uit gewonnen meel draagt er dan ook de sporen van.

Deze vijf standaardmonsters heb ik nu in de eerste plaats op hun korrelgrootte onderzocht, volgens de in het voorgaande behandelde methode. Tevens echter heb ik hierbij vastgesteld, in welke mate de zetmeelkorrels waren aangetast. Door gisting en rotting van allerlei organische stoffen, waarmee het meel gedurende de fabricage, en meer nog in de biesbassins in aanraking is, verliezen n.l. vele korrels hun gladheid van oppervlakte: zij beginnen *corrosie*-verschijnselen te vertoonen, m. a. w., zijn in meerdere of mindere mate aangevreten. Dit moet van invloed zijn op het uiterlijk van het meel, want dit laatste heeft zijn glans te danken aan de terugkaatsing van het licht op de gladde oppervlakte der korrels. Wordt de oppervlakte van een groot aantal korrels ruw, dan zal het gevolg zijn, dat het meel er dof uitziet. Daarbij komt nog, dat een ruwe oppervlakte het reinigen van het meel bemoeilijkt; op de korreloppervlakte zetten zich deeltjes vuil vast, die er niet meer door de gewone reinigingsmethoden van zijn te verwijderen.

De bepaling van de corrosie levert geen bijzondere moeilijkheden op. Alle korrels, die bij het meten een ruwe oppervlakte vertoonen, worden genoteerd, zoodat het aan het einde der meting gemakkelijk is, het aantal gecorrodeerde korrels in procenten uit te drukken; het *corrosiepercentage*.

Het resultaat van deze metingen was als volgt:

TABEL 5

	<i>n</i>	M	Med.	<i>q</i> <sub>1</sub>	<i>q</i> <sub>2</sub>	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Max. en min.	Corrosie
Supra . .	1049	25,762 $\mu$	22,718 $\mu$	14,767 $\mu$	33,952 $\mu$	0,372	0,422	2-88 $\mu$	1,15 %
Prima . .	1401	18,870 „	16,517 „	11,717 „	22,545 „	0,286	0,327	2-88 „	2,6 %
Prima- secunda	1261	28,599 „	25,220 „	18,250 „	35,472 „	0,302	0,341	2-103 „	2,5 %
Secunda .	1226	21,572 „	17,714 „	12,820 „	27,050 „	0,330	0,402	2-88 „	15,6 %
Tertia . .	1545	17,218 „	14,399 „	9,547 „	20,950 „	0,332	0,396	2-76 „	26,1 %

(*n* is hier, evenals in alle volgende tabellen, het aantal gemeten korrels.)

Deze uitkomsten zijn min of meer verrassend. Na alles, wat men over de kwaliteiten van het aardappelmeel in de literatuur vindt, hadden wij kunnen verwachten, dat de standaardmonsters een regelmatige daling van de gemiddelde korrelgrootte te zien zouden geven van supra naar tertia. Volgens de korrelgrootte echter zou hier onze prima-secunda het hoogst gewaardeerd moeten worden, en supra op de tweede plaats komen, secunda de derde plaats,

en prima pas de vierde plaats innemen. De beoordeeling op het gezicht zegt dus vrijwel niets omtrent de korrelgrootte.

Dat secunda en tertia onderaan geplaatst zijn, is gemakkelijk verklaarbaar wegens het groote gehalte aan gecorrodeerde korrels, tertia is bovendien zeer klein van korrel. Prima had ook weliswaar een geringe gemiddelde korrelgrootte, doch daarentegen een laag corrosiegetal, en ongetwijfeld daardoor meer glans en helderheid.

Bij de beoordeeling van tabel 5 moeten wij intusschen wel rekening houden met de fout, die aan onze metingen kleeft, en die wij hebben besproken op pag. 1238. Wij hebben daar gezien, dat de middelbare fout van het verschil tusschen twee M's gelijk is aan  $\pm 1,577 \mu$ , en dat wij dientengevolge het verschil tusschen twee M's pas als volkomen vaststaand kunnen beschouwen, wanneer het meer dan driemaal zoo groot is als laatstgenoemd bedrag, dus meer dan  $4,731 \mu$ . Houden wij dit in het oog, dan kunnen wij alleen met zekerheid zeggen, dat de M van supra groter is dan die van prima en tertia. Niet geheel zeker is het, dat de M van supra groter is dan die van secunda; de waarschijnlijkheid is echter 99,2 %. De waarschijnlijkheid dat de M van supra kleiner is dan die van prima-secunda is 92,8 %, en dat de M van prima kleiner is dan die van secunda 91,2 %. De M's van prima en van secunda ten slotte zijn volgens mijn metingen beide groter dan de M van tertia met een waarschijnlijkheid van 96,3 % resp. 99,4 %.

De plaats van prima-secunda is het meest bevreemdend. In korrelgrootte staat dit monster onder deze standaards bovenaan, en door zijn corrosiegetal slechts weinig beneden supra. Toch bezat het minder glans en helderheid dan supra en prima. Het komt mij het waarschijnlijkst voor, dat het lagere rangnummer van dit prima-secunda-monster moet worden geweten aan het feit, dat het een product is van afval uit de biesbassins, waar de korreloppervlakte

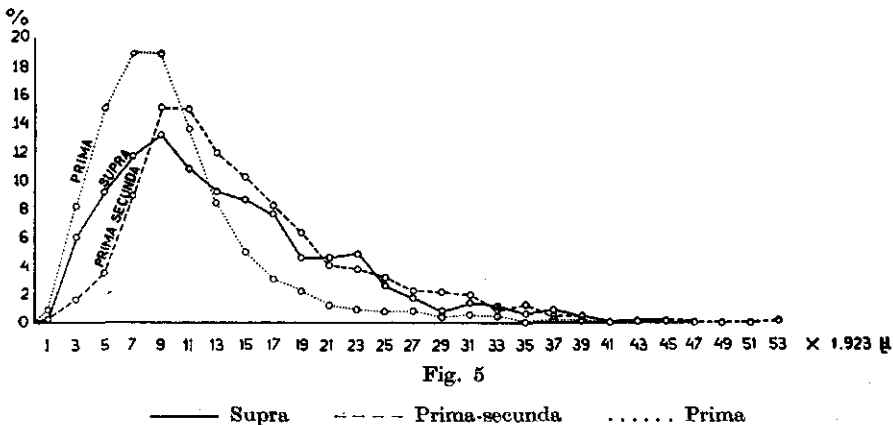
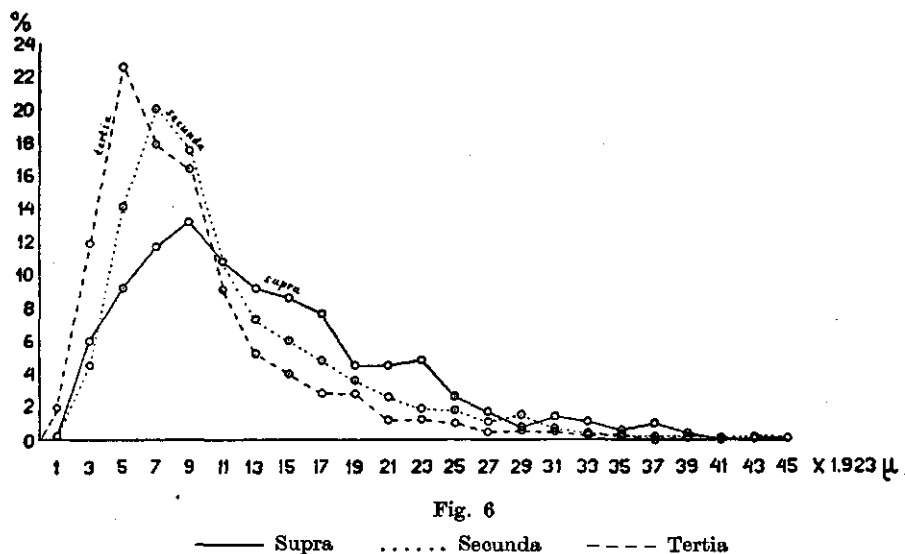


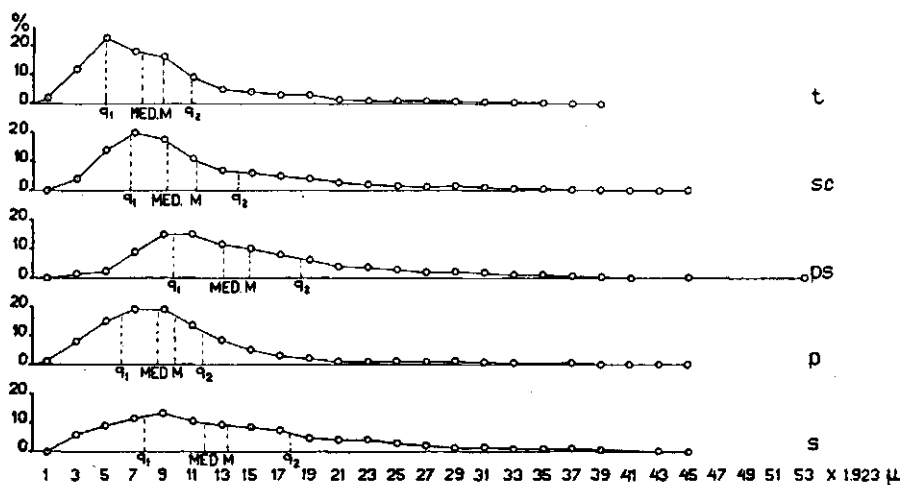
Fig. 5

— Supra      - - - Prima-secunda      ..... Prima

wellicht iets van haar gladheid heeft verloren tengevolge van gisting en rotting, zonder dat het nog tot een duidelijk zichtbare corrosie is gekomen. En tevens komt het mij voor, dat dit meel iets minder goed gereinigd is kunnen worden dan de supra- en prima-monsters.



Het blijkt wel duidelijk uit dit onderzoek, hoe weinig de gebruikelijke praktijkbeoordeling ons iets kan leeren omtrent de korrelgrootte.



t = tertia      sc = secunda      ps = prima secunda      p = prima      s = supra



Het verschil tusschen de korrelgrootten der standaardmonsters springt duidelijk naar voren, indien de frequentiekrommen, die, zooals wij boven hebben besproken, alle op dezelfde schaal zijn geteekend, over elkander heen worden afgebeeld. Dit is het geval in de figuren 5 en 6. In fig. 5 worden prima en prima-secunda, in fig. 6 worden secunda en tertia met supra vergeleken. Dit is alleen mogelijk, wanneer wij slechts enkele krommen met elkander wenschen te vergelijken. Hebben wij echter met een grooter aantal krommen te doen, dan zou de figuur veel te ingewikkeld en onoverzichtelijk worden; dan is het beter, de krommen eenvoudig onder elkander te plaatsen, zooals in fig. 7. Hierin zijn de frequentiekrommen van alle vijf standaardmonsters weergegeven, echter op een andere schaal, voor zoover de frequenties betreft. De schaal der intervallen is dezelfde gebleven, doch voor de frequenties is de eenheid tot op  $\frac{1}{5}$  van die in de fig. 5 en 6 teruggebracht. Bij deze wijze van voorstelling nemen de figuren minder ruimte in, en tevens is het mogelijk, voor elke kromme de Mediane en de andere berekende grootheden in de figuren aan te duiden, zonder de teekening te overladen.

In de inleiding is gezegd, dat het meel witter en glanzender is, naarmate de korrels grooter zijn. Dat echter de fraaie glans niet alleen afhankelijk is van de grootte der korrels, blijkt wel duidelijk uit ons onderzoek van de standaardmonsters. Er zijn ook nog andere factoren, die gewicht in de schaal leggen.

Toch is het in het algemeen wel waar, dat de beste kwaliteiten door hun rijkdom aan groote korrels gekenmerkt zijn. Door het onderzoek van het supra-meel, dus van de beste kwaliteit meel, van een aantal fabrieken treedt dit, zooals wij in het volgende zullen zien, duidelijk aan den dag. De korrelgrootte hiervan komt tennaastebij overeen met de korrelgrootte van de boven besproken standaardmonsters supra en prima-secunda.

Het materiaal voor mijn vergelijkend onderzoek van de producten van verschillende fabrieken werd mij door bemiddeling van het Aardappelmeel-Verkoopbureau (A.V.B.), gevestigd te Veendam, verschaft. Het bestond uit supra-meelmonsters, afkomstig van een zeventiental aardappelmeelfabrieken in Groningen en Drenthe. Deze monsters waren genomen uit het meel, dat door al deze fabrieken in één en dezelfde campagneweek was gewonnen.

De hoeveelheid der in die week verwerkte aardappelen liep bij deze fabrieken uiteen van 16 931 tot 59 659 hl, en het rendement aan supra-meel varieerde van 10,28 tot 15,93 %.

In tabel 6 vinden wij de uitkomsten van de metingen dezer zeventien meelmonsters bijeengebracht. Hierin zijn de fabrieken door letters aangeduid, en gerangschikt volgens de gemiddelde lengte (M) der zetmeelkorrels, in afdalende reeks.

De gemiddelde korrelgrootte  $M$  blijkt dus niteen te loonen van 24 040 „

De vrijwel symmetrische kromme ontstaat, indien wij de korrelgrootten op de abscis op een logarithmische schaal teekenen, zooals in fig. 9 is gebeurd.

Hieruit schijnt te mogen worden afgeleid, dat de oorzaken van de grootteverschillen der aardappelmeelkorrels beheerscht worden door de waarschijn-

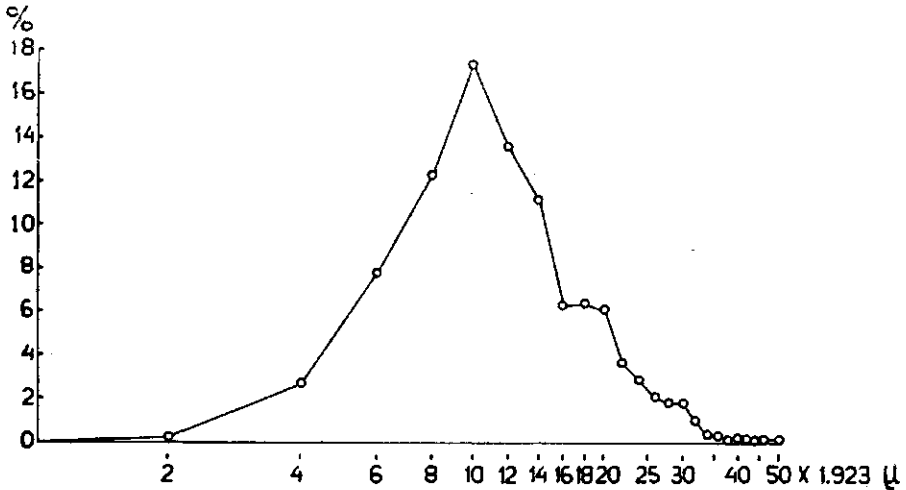


Fig. 9

C. fabriek Centrale, Suprameel.

$n = 1108$

interval 1—2. 2—3 enz. = 1,923  $\mu$

$M = 27,139 \mu$ .

Med. = 23,616  $\mu$ .

$q_1 = 17,695$ ;  $q_2 = 34,314 \mu$ .

Corrosie 1,15 %.

lijkheidswet, en de korrels zoodanig op die oorzaken reageeren, dat de groei evenredig is met de reeds bereikte grootte (KAPTEYN (17), BAART DE LA FAILLE (18)).

## § 7. Vergelijking van de korrelgrootte van het meel van een aantal aardappelvariëteiten

In de vorige paragraaf zagen wij, dat er vrij groote verschillen in de gemiddelde korrelgrootte bestaan tusschen de supra-meelsoorten, welke door een aantal fabrieken in dezelfde periode zijn bereid.

Wat hiervan de oorzaak is, valt moeilijk uit te maken. Men zou kunnen denken aan verschillen in werkmethoden der fabrieken, zoodat b.v. de eene

fabriek bij het zuiveren van het meel meer kleine korrels deed verloren gaan dan de andere; daardoor zou dan natuurlijk, ook indien het verwerkte materiaal overal hetzelfde was, het gemiddelde der korrelgrootte stijgen, naarmate er meer kleine korrels werden weggespoeld. Dan zouden wij echter moeten zien, dat winning van een grofkorrelig meel samenging met een laag rendement, en omgekeerd.

Zooals wij in het voorgaande reeds zagen, is dit niet uit ons onderzoek gebleken.

Een andere mogelijkheid is hierin gelegen, dat het aardappelmeel, hetwelk door de fabrieken was verwerkt, niet van denzelfden oorsprong geweest is. Het kan afkomstig geweest zijn van verschillende aardappelvariëteiten; of misschien wel van een en dezelfde variëteit, maar verbouwd in zeer verschillende streken. Het is zeer goed denkbaar, dat in het laatste geval in de eene streek grover meel, in de andere meel van kleinere korrelafmeting werd voortgebracht.

Hoe het met onze aardappelvariëteiten en met verschillende herkomsten van eenzelfde variëteit in dit opzicht gesteld is, is echter onbekend. Het scheen daarom in elk geval wel de moeite waard, een aantal aardappelvariëteiten op de fijnheid van het meel te onderzoeken.

De keuze viel, in overleg met het Aardappelmeel-Verkoopbureau en het Bestuur van den Veenkolonialen Boerenbond, op de tien volgende variëteiten: Triumf, Great Scot, Ceres, Element, Kampioen, Energie, Thorbecke, Paul Kruger, Eigenheimer en Roode Star. Deze variëteiten werden onder geheel gelijke omstandigheden verbouwd op een proefveld van de Proefboerderij te Borgercompagnie, en gerooid, zoodra de veldjes waren afgestorven. De rooi-data waren: Eigenheimer op 7 September, Great Scot en Triumf op 9 September, en de overige op 1 October.

Van elke variëteit hebben wij in het laboratorium een monster van 5 kg knollen op zetmeel verwerkt. Door bemiddeling van het Aardappelmeel-Verkoopbureau had ik de beschikking gekregen over een kleine aardappelrasp van het model, dat in onze Nederlandsche fabrieken wordt gebruikt. Het instrument, een zaagbladrasp, die door een electromotor kon worden aangedreven, was voor ons doel vervaardigd door den machinist van een der veenkoloniale fabrieken. Hiermede konden wij de monsters knollen snel en doeltreffend raspen. De zoo verkregen brij werd op een fijne koperen zeef onder een waterstraal uitgewassen, waarna wij het uitgespoelde meel rustig lieten bezinken. Na volledige bezinking werd het water afgeheveld, het meel in schoon water opgeroerd, vervolgens onder een waterstraal gefiltreerd door zijdegaas n°. 14, en eindelijk weer tot bezinking gebracht. De pulp werd gedroogd bij een temperatuur van ongeveer 35° C, daarna in een poeder-

molentje fijngemalen, waarna er nog zooveel mogelijk meel werd uitgewasschen.

Wij hebben er steeds naar gestreefd, al het uitwaschbare meel te winnen, en het zoo lang, door herhaald opslibben in schoon water en bezinken, te zuiveren, totdat het helder wit was. Daarna werd het gedroogd bij ongeveer 35° C.

Door deze methode verkregen wij een meelopbrengst, varieerend van 10,72 % tot 14,00 %, berekend op het gewicht der versche aardappelmonsters. Deze waarden zijn gelijk aan de rendementen supra-meel der 17 in het voorgaande behandelde fabrieken.

De metingen van deze 10 partijen meel leverden het volgende resultaat op.

TABEL 8

Variëteiten	Gewicht van 5000 g knollen onder water (g)	S.G.	Meelrendement (%)	n	M ( $\mu$ )	Med. ( $\mu$ )	$q_1$ ( $\mu$ )	$q_2$ ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Min. en max. ( $\mu$ )
Triumf. . . . .	361	1,0778	11,60	1185	32,480	29,768	21,534	40,378	0,290	0,316	4—92
Great Scot. . . . .	362	1,0778	11,20	1245	29,746	26,364	29,934	36,918	0,285	0,322	2—84
Ceres . . . . .	380	1,0822	10,72	1204	28,736	22,286	14,364	32,438	0,315	0,406	2—92
Element . . . . .	392	1,0851	11,52	1175	28,068	22,360	16,580	31,762	0,270	0,339	2—92
Kampioen . . . . .	401	1,0872	14,00	1075	27,590	24,426	16,774	34,890	0,329	0,371	4—96
Energie . . . . .	405	1,0881	13,65	1160	26,876	23,868	15,432	35,682	0,376	0,424	2—92
Thorbecke . . . . .	390	1,0846	13,95	1088	26,590	21,970	14,704	35,172	0,384	0,466	4—92
Paul Kruger . . . . .	412	1,0898	13,63	1084	24,204	20,324	13,870	31,400	0,362	0,431	2—92
Eigenheimer . . . . .	392	1,0851	13,20	1104	23,696	20,472	14,306	29,512	0,319	0,371	4—80
Rooide Star. . . . .	422	1,0822	13,25	1547	21,628	18,688	12,090	28,408	0,376	0,439	2—76

In deze tabel zijn de variëteiten in afdalende reeks gerangschikt naar de gemiddelde korrelgrootte M. Deze gemiddelden blijken hier uiteen te loopen van 32,480 tot 21,628  $\mu$ .

Wij hebben hier ook weer onze bepalingfout in rekening te brengen, om daardoor na te kunnen gaan, welke waarde aan deze verschillen mag worden toegekend. We kunnen dan direct enkele groepen onderscheiden, waarvan het verschil in gemiddelde korrellengte geheel vast staat, n.l.:

Triumf > groep Kampioen, Energie, Thorbecke, Paul Kruger, Eigenheimer en Rooide Star.

Triumf en Great Scot > groep Paul Kruger, Eigenheimer en Rooide Star.

Triumf, Great Scot, Ceres, Element en Kampioen > Rooide Star.

Verder valt van een aantal variëteiten te zeggen, dat het verschil in gemiddelde korrelengte zeer groote waarschijnlijkheid bezit, b.v.:

Triumf > Element,	met een waarschijnlijkheid van 99,4 %;
Kampioen > Eigenheimer „ „ „ „	98,6 %;
Great Scot > Thorbecke „ „ „ „	95,4 %;
Thorbecke > Eigenheimer „ „ „ „	93,2 %;
Triumf > Great Scot „ „ „ „	91,6 %;
Thorbecke > Paul Kruger „ „ „ „	86,9 %;
Eigenheimer > Roode Star „ „ „ „	81,0 %.

Tenslotte vinden wij in onze tabel 8 nog een aantal verschillen, waarvan de waarschijnlijkheid slechts gering is. Zoo is de waarschijnlijkheid van Great Scot > Ceres slechts 47,8 %, van Ceres > Element 32,6 %, van Element > Kampioen 23,6 %, van Kampioen > Energie 34,7 %, van Energie > Thorbecke 14,3 % en van Paul Kruger > Eigenheimer 25,1 %.

Al staan nu tusschen een aantal variëteiten de verschillen in gemiddelde

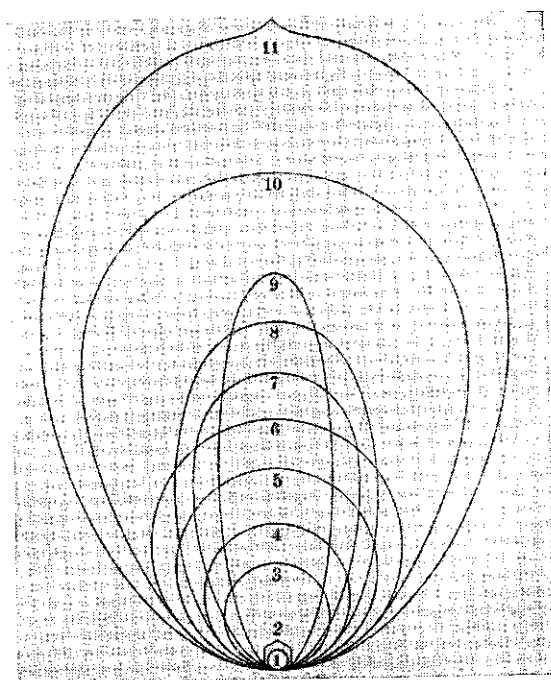


Fig. 10

korrelgrootte geenszins vast, toch vonden wij ook variëteiten, die zich in dit opzicht werkelijk zeer duidelijk van elkander onderscheiden. Het behoeft dan ook geen betoog, dat het geen zin heeft, voor de grootte van de aardappelmeelkorrel in het algemeen een bepaalde waarde op te geven; de aardappelvariëteiten kunnen in korrelgrootte van het meel evenveel verschillen als geheel verschillende plantensoorten onderling.

Als voorbeeld wil ik hier aanhalen, wat men op pag. 172 van het reeds in het voorgaande genoemde werk van VOGL (4) aantreft. Daar vindt men n.l. een schematische afbeelding — die gereproduceerd is in onze fig. 10 —, waarin door cirkelvormige, elliptische en eivormige figuren de vorm en de relatieve grootte van het zetmeel van een aantal plantensoorten worden voorgesteld. Van deze soorten bezit, volgens VOGL, Canna (Queensland-arrowroot) het grofste, Haver daarentegen het fijnste zetmeel. Beschouwen wij nu eens de ovalen n°. 10, 9, 8 en 7. Hiervan stelt n°. 10 de zetmeelkorrel van den aardappel voor, n°. 9 die van de banaan, n°. 8 die van Curcuma (Oost-Indische arrowroot) en n°. 7 die van Dioscorea (Yamswortel of Guyana-arrowroot). Volgens deze afbeelding nu verhouden de korrellengten van aardappel, banaan, Curcuma en Dioscorea zich als 100 : 80 : 70 : 60.

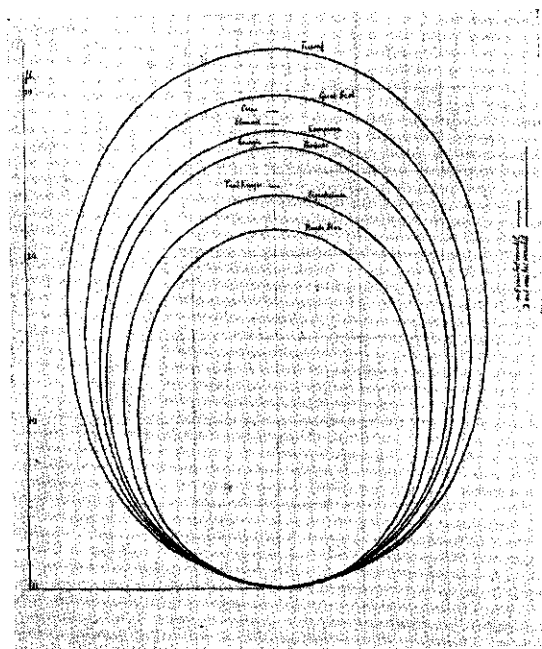


Fig. 11

Uit de in onze tabel 8 vervatte gegevens kunnen wij ongeveer dezelfde verhouding afleiden, want het blijkt, dat de gemiddelde korrellengten van Triumf, Thorbecke en Roode Star tot elkander staan als 100 : 82 : 67.

In de figuur van VOGL is de vorm van de aardappelmeelkorrel wel zeer juist weergegeven, n.l. met een verhouding van lengte en breedte als 12 : 10. Volgens mijn eigen metingen is, zooals wij in het voorgaande zagen (zie pag. 1242—1243), de gemiddelde verhouding tusschen lengte en breedte als 13 : 10. In fig. 11 zien wij de gemiddelde korrellengten van de tien onderzochte variëteiten op dezelfde wijze voorgesteld als de afbeelding in het werk van VOGL. Als algemeenen vorm heb ik de ellips gekozen, met de assenverhouding 13 : 10.

Uit dit onderzoek blijkt, dat er voor de aardappelmeelindustrie mogelijkheden moeten zijn, het rendement aan supra-meel op te voeren, door die aardappelvariëteiten te verwerken, die het grofste meel voortbrengen. De verbouwer laat zich echter bij de keuze der te telen variëteit niet alleen leiden door de hoedanigheid van het meel; de knolopbrengst en het zetmeelgehalte der knollen spelen n.l. een zeer belangrijke rol. Men zal moeten trachten, een variëteit te vinden, waarin de eigenschappen grof meel, groote knolopbrengst en hoog zetmeelgehalte der knollen met elkander vereenigd zijn.

### § 8. De korrelgrootte en het tijdstip van rooien

De in de vorige paragraaf behandelde variëteiten waren alle gerooid op het tijdstip, dat de planten waren afgestorven, dus in een toestand, waarin de knollen als volkomen rijp worden beschouwd.

Wij willen nu eens nagaan, of deze tijd van rooien ook het gunstigst is met betrekking tot de grofheid van het meel.

Met dat doel heb ik twee variëteiten, n.l. Eigenheimer en Thorbecke, onderzocht. Beide maakten deel uit van het in de vorige paragraaf bedoelde proefveld van de Proefboerderij te Borgercompagnie.

Van deze culturen werden op verschillende data telkens 5 planten gerooid, en wel op 27 Juli, 10 Augustus, 24 Augustus en 7 September, d. i. telkens met tussenpoozen van 2 weken. Op 7 September waren de Eigenheimerplanten afgestorven. Die van Thorbecke echter nog niet; dit was pas op 1 October het geval, op welken datum nog 5 planten van laatstgeoemde variëteit werden verzameld.

Al de knollen van de 5 planten werden dadelijk gewogen; tevens werd het gewicht onder water bepaald.

Het zetmeel werd in het laboratorium gewonnen op dezelfde manier als beschreven is in de vorige paragraaf.

In het volgende staatje vinden wij de gewichten der knollen en van het gewonnen meel samengevat.

TABEL 9

Variëteiten	Rooidatum	Knol- opbrengst van 5 planten (kg)	Gewicht van 5 kg knollen onder water (g)	Soortelijk gewicht	Meel- opbrengst	Meel- rendement (%)
Eigenheimer	27 Juli	3,93	400	1,0870	502,00	12,80
	10 Aug.	5,80	392	1,0863	787,00	13,56
	24 „	5,68	390	1,0846	720,23	12,67
	7 Sept.	7,20	392	1,0863	950,75	13,20
Thorbecke	27 Juli	2,65	382	1,0827	314,00	11,84
	10 Aug.	4,77	388	1,0841	564,00	11,83
	24 „	5,44	408	1,0888	667,38	12,25
	7 Sept.	5,80	391	1,0848	728,68	12,56
	1 Oct.	4,48	390	1,0846	595,73	13,95

Van elk van deze beide variëteiten is nu het meel van 3 rooidata gemeten, n.l. beide in het stadium van rijpheid, dus Eigenheimer van 7 September en Thorbecke van 1 October; en verder bij Eigenheimer van de knollen van 4 en 6 weken vóór de rijpheid, bij Thorbecke 5½ en 9½ weken vóór het afsterven der planten.

Van de uitkomsten dezer metingen geeft de volgende tabel een overzicht.

TABEL 10

Variëteiten	Rooidatum	n	M (μ)	Med. (μ)	q <sub>1</sub> (μ)	q <sub>2</sub> (μ)	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Max. en min. (μ)
Eigenheimer	27 Juli	1166	24,774	21,684	14,986	30,928	0,321	0,367	2—84
	10 Aug.	1026	27,126	23,262	16,688	34,314	0,325	0,378	4—84
	7 Sept.	1104	23,696	20,472	14,306	29,512	0,321	0,371	4—80
Thorbecke	27 Juli	1257	32,344	29,350	20,208	42,512	0,344	0,379	4—88
	24 Aug.	1079	27,798	24,246	16,614	36,162	0,352	0,402	4—84
	1 Oct.	1088	26,590	21,970	14,704	35,172	0,385	0,466	4—92

Tabel 9 vertoont een onregelmatig beeld, hetgeen stellig voor een groot deel moet worden toegeschreven aan een vrij groote variabiliteit der planten, waardoor ook groepen van 5 planten zelfs nog tamelijk veel in opbrengst verschillen. Toch blijkt uit onze getallen wel duidelijk, dat de planten bij beide variëteiten op den eersten rooidatum, 27 Juli, nog onrijp waren, nog niet



tot volle ontwikkeling waren gekomen. Eveneens was in beide culturen de opbrengst aan knollen zoowel als aan meel het grootst op den vierden rooidatum, d. i. 7 September, bij Eigenheimer samenvallend met het stadium van rijpheid.

Merkwaardig is het, dat de opbrengst van Thorbecke op 1 October — voor deze variëteit het eindpunt der vegetatieperiode — zoo buitengewoon laag was.

Het is niet alleen de opbrengst per groep van 5 planten, die een onregelmatigen loop vertoont, ook met het soortelijk gewicht der knollen is dit het geval. Er is geen regelmatige gang, hetzij in stijgende, hetzij in dalende lijn, in te bespeuren.

Hetzelfde kunnen wij zeggen omtrent de korrelgrootte van het meel (tabel 10). Het gemiddelde der korrelgrootte (M) is bij Eigenheimer het hoogst op 10 Augustus, den tweeden rooidatum; bij Thorbecke op den eersten rooidatum, 27 Juli, toen deze variëteit dus nog in zeer onrijpen toestand verkeerde.

Bij beide variëteiten vinden wij de laagste waarde voor de gemiddelde korrelgrootte, wanneer de planten waren afgestorven, dus op den laatsten rooidatum.

Mijn resultaten zijn niet in overeenstemming met die van NERLING (10). Deze onderzoeker vond, dat de gemiddelde korrelgrootte grooter is, naarmate de knollen later geoogst zijn. Hij vermeldt echter niet, met welke variëteiten hij dat onderzoek heeft gedaan.

Het verschil tusschen de M's van 24 Augustus en 1 October staat bij Thorbecke echter niet vast. Wij moeten immers bedenken, dat de middelbare fout van de bepaling  $\pm 1,115 \mu$  bedraagt (zie § 3). Daarom is de kans, dat de korrels van 24 Augustus gemiddeld grooter zijn dan die van 1 October, slechts 553 tegen 447, m. a. w. de waarschijnlijkheid is 55,3 %. De verschillen tusschen de M's van 27 Juli en 24 Augustus, en van 27 Juli en 1 October mogen wij echter wel als reëel beschouwen; de waarschijnlijkheid daarvan is 99,6 %, resp. 99,98 %.

Bij Eigenheimer is het verschil tusschen 27 Juli en 10 Augustus, evenals tusschen 10 Augustus en 7 September, niet zoo zeker, maar toch wel zeer waarschijnlijk; de waarschijnlijkheid is hier n.l. 86,3 %, resp. 97,0 %.

### **§ 9. De grootte der zetmeelkorrels bij knollen van verschillende grootte en verschillend soortelijk gewicht**

Wanneer de aardappelen voor consumptie worden verkocht, worden de partijen gewoonlijk gesorteerd naar de grootte der knollen. Dit geschiedt in den regel over roosters, n.l. de z.g. „rijksdaaldersroosters”, waarvan de

tusschenruimte der staven 38 mm bedraagt, en de „guldensrooster”, waarvan de staven 28 mm van elkander verwijderd zijn.

De door den guldensrooster heen vallende knollen worden „kriel” genoemd. Deze kleine knollen worden weinig geschikt geacht voor verwerking in de aardappelmeelfabrieken, want men meent, dat ze een betrekkelijk laag zetmeelgehalte bezitten, en tevens, dat men er minder zetmeel uit kan winnen dan men zou mogen verwachten op grond van hun soortelijk gewicht. Uit een daartoe ingesteld onderzoek is dit ook inderdaad gebleken.

Hoe het gesteld is met de korrelgrootte van het krielmeel, is niet bekend, evenmin of er bij onze aardappelvariëteiten in het algemeen een verband bestaat tusschen de grootte der knollen en de grootte der zetmeelkorrels. Alleen bij NERLING (10) vinden wij van een drietal Duitsche variëteiten vermeld: hoe grooter de knol, des te grover van korrel is het daarin voorkomende zetmeel.

Om hierin eenig inzicht te verkrijgen, heb ik in de eerste plaats het zetmeel onderzocht van 3 sorteeringen van knollen, die in het volgende zullen worden aangeduid als *rijksdaaldersrooster*, *guldensrooster* en *kriel*. De eerstgenoemde zijn de knollen, die over den rijksdaaldersrooster zijn gelopen; de tweede partij bestaat uit die knollen, welke door den rijksdaaldersrooster zijn gevallen, doch over den guldensrooster zijn gelopen. De knollen, die als kriel gelden, zijn, zooals wij boven reeds zagen, de kleinste exemplaren, die door den guldensrooster zijn gevallen.

Van elk van deze sorteeringen had ik 5 kg knollen tot mijn beschikking, en wel van de beide variëteiten Eigenheimer en Thorbecke. Hiervan heb ik in het laboratorium het meel gewonnen op dezelfde manier als bij het in de beide vorige paragrafen besproken variëteits- en rooitijdenonderzoek.

De meting der zetmeelkorrels leverde het volgende op:

TABEL 11

Sorteering	<i>n</i>	$\bar{M}$ ( $\mu$ )	Med. ( $\mu$ )	$q_1$ ( $\mu$ )	$q_2$ ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Max. en min. ( $\mu$ )
Eigenheimer:								
Rijksdaaldersrooster	1135	31,966	28,690	21,480	39,148	0,276	0,307	2—84
Guldensrooster . . .	1231	31,736	29,098	21,882	39,212	0,273	0,298	4—80
Kriel . . . . .	1062	28,396	25,482	19,428	35,552	0,284	0,316	4—80
Thorbecke:								
Rijksdaaldersrooster	1029	37,162	34,030	24,250	48,100	0,321	0,351	4—96
Guldensrooster . . .	1181	35,152	32,272	23,816	45,566	0,309	0,337	8—88
Kriel . . . . .	1265	28,292	24,630	17,148	37,172	0,354	0,406	4—96



Volgens de in § 5 beschreven methode, dus door middel van boorstukken uit den knol, midden tusschen navel en top, heb ik van elken knol een zetmeel-preparaat gemaakt, waarvan de metingen de volgende uitkomsten opleverden:

TABEL 13

Thorbecke-knollen	Ge-wicht (g)	Soor-telijk gewicht	n	M ( $\mu$ )	Med. ( $\mu$ )	$q_1$ ( $\mu$ )	$q_2$ ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Min. en max. ( $\mu$ )
A	137	1.081	1251	22,184	16,288	9,113	30,543	0,483	0,657	2—88
E	83	1.081	1085	20,774	16,115	7,721	30,105	0,539	0,695	2—65
N	21	1,076	1511	15,176	12,059	6,950	20,978	0,462	0,584	2—65

Ook hier zien wij dus, dat er verband bestaat tusschen de grootte van den knol en de gemiddelde grootte der zetmeelkorrels. Dat de korrels van den kleinsten knol N gemiddeld kleiner zijn dan die der beide andere knollen, staat volkomen vast. Het verschil tusschen de knollen E en A, wat de korrelgrootte betreft, is echter niet zoo zeker; de waarschijnlijkheid dat dit verschil reëel is, is n.l. slechts 62,6 %, m. a. w. de kans is slechts 626 tegen 374.

In fig. 15 zien wij de frequentiekrommen van het zetmeel van deze drie knollen, als voorbeeld van krommen, die op slechts een enkelen knol betrekking hebben. Ze zijn op dezelfde schaal geteekend als fig. 7.

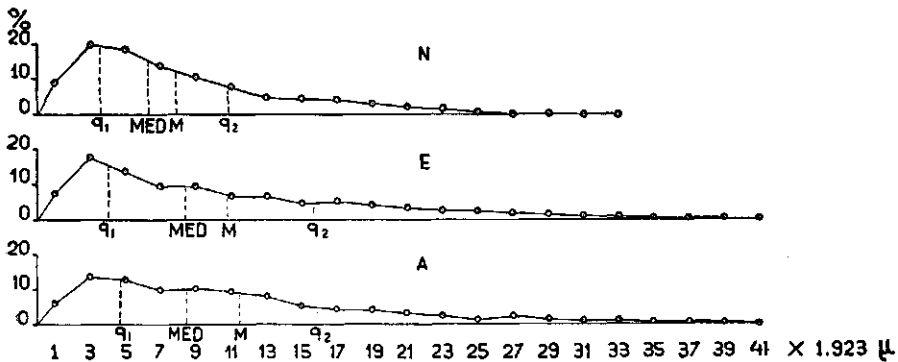


Fig. 15

Wij willen nu nog nagaan, welk verband er bestaat tusschen het soortelijk gewicht van den knol en de korrelgrootte. Het onderzoekingsmateriaal heb ik daarvoor ontleend aan een Thorbeckeproefveld, waarvan een groot aantal rijpe knollen afzonderlijk werden gewogen, waarna tevens hun soortelijk gewicht stuk voor stuk werd bepaald. Van deze knollen heb ik 4 exemplaren

uitgekozen, die 2 aan 2 ongeveer even zwaar waren, doch waarvan *het soortelijk gewicht sterk uiteenliep*. Wij zullen deze knollen aanduiden met de letters *a*, *b*, *c* en *d*. Het gewicht van *a* en *b* was bijna hetzelfde, doch *a* had een soortelijk gewicht van 1,0684, *b* daarentegen een soortelijk gewicht van 1,1141 (in het onderwatergewicht van 5 kg aardappelen uitgedrukt komt dit overeen met 320, resp. 518 g).

Van de knollen *c* en *d*, die ook ongeveer even zwaar waren, was het soortelijk gewicht 1,0650, resp. 1,1131 (of, uitgedrukt in het onderwatergewicht van 5 kg knollen 305, resp. 508 g).

Dit materiaal was weliswaar afkomstig van verschillende planten, doch van een en dezelfde variëteit, en onder geheel gelijke omstandigheden op hetzelfde proefveld verbouwd.

De zetmeelpreparaten werden ook in dit geval gemaakt met behulp van boorstukken, uit den knol genomen midden tusschen navel en top.

In de onderstaande tabel 14 zien wij het resultaat der metingen.

TABEL 14

Knol	Ge- wicht (g)	S.G.	Zetmeel- gehalte volgens BEHREND, MAERKER en MORGEN (%)	<i>n</i>	M ( $\mu$ )	Med. ( $\mu$ )	$q_1$ ( $\mu$ )	$q_2$ ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{\text{Med.}}$	Min. en max. ( $\mu$ )
<i>a</i>	48,45	1,0684	11,45	1177	18,404	14,622	8,614	24,314	0,427	0,537	2-80
<i>b</i>	47,54	1,1141	21,20	1230	22,928	18,870	10,688	29,542	0,412	0,499	2-104
<i>c</i>	67,60	1,0650	10,70	1355	20,206	15,924	8,860	28,726	0,492	0,624	1-80
<i>d</i>	71,13	1,1131	21,01	1245	24,982	19,400	10,144	34,540	0,488	0,628	1-108

Hieruit blijkt dus zeer duidelijk, dat een grooter soortelijk gewicht gepaard gaat met grover zetmeel. Het verschil in gemiddelde korrelgrootte (*M*) tusschen *c* en *d* bedraagt 4,776  $\mu$ , en staat dus volkomen vast. Tusschen *a* en *b* is het verschil in *M* 4,524  $\mu$ , hetgeen wil zeggen, dat ook dit verschil zoo goed als reëel is, want de waarschijnlijkheid is 99,6 %.

Uit de laatste tabel kunnen wij bovendien nog weer afleiden, evenals uit tabel 13, dat een grootere knol grover meel bevat dan een kleinere, wanneer ze in soortelijk gewicht gelijk zijn. Daarvoor hebben wij slechts knol *a* met knol *c*, en knol *b* met knol *d* te vergelijken. De gewichtsverschillen dezer knollen zijn weliswaar betrekkelijk klein, en daarmee in overeenstemming ook de verschillen in de gemiddelden der korrelafmetingen, doch deze laatste wijzen toch in dezelfde richting als onze in tabel 13 weergegeven bevindingen.

## § 10. De korrelgrootte in verschillende deelen van den knol

Wanneer wij microscopische preparaten van den aardappelknol bekijken, dan valt het direct op, dat de grootte der zetmeelkorrels niet overal gelijk is, evenmin als het zetmeelgehalte. Dit is een algemeen bekend feit en ook reeds door SAARE (1), (pag. 47, 48) en door PAROW (2) (pag. 292) vermeld.

De schil van den aardappel, die uit een vrij groot aantal lagen verkurkte cellen bestaat — ongeveer 10 lagen, maar verschillend naar de variëteit — bevat in het geheel geen zetmeel. De daarop volgende cellen zijn rijk aan protoplasma, doch vrij arm aan zetmeel, terwijl de korrels ook betrekkelijk klein zijn. Meer naar binnen in den knol bevatten de cellen meer zetmeel met grootere korrels. In de cellen zelf vindt men zetmeelkorrels van allerlei grootte door elkander gemengd.

De cellen in de onmiddellijke nabijheid van de vaatbundels evenwel vertoonen een ander beeld; daarin komen alleen vrij kleine zetmeelkorrels voor, onderling niet veel in afmeting verschillend.

Dit is echter, voor zoover ik heb kunnen nagaan, alles wat er over de verdeeling van het zetmeel en over de korrelgrootte in de verschillende deelen van den knol bekend is.

Teneinde hierin eenig nader inzicht te verkrijgen, besloot ik, den knol in drie zones van ongeveer gelijke dikte te verdeelen, n.l. in een buitenste, de schors bevattend (d. i. het knollenweefsel tusschen de schil en den vaatbundelkring), een middelste zone, bevattende de buitenste helft van het merg, en ten derde een binnenste zone, waarin alleen de binnenste helft van het merg voorkwam. (Of deze benamingen: *schors*, *buitenste merg* en *binnenste merg* botanisch geheel verantwoord zijn, is nog de vraag. Het is hier echter niet de plaats, daarop verder in te gaan. In elk geval worden de inwendige deelen van den knol in de praktijk gewoonlijk op deze wijze onderscheiden.)

Met een kleine kurkboor werden uit deze drie zones boorstukjes gestoken, en hiermee, op de in het voorgaande reeds besproken manier, microscopische preparaten van het zetmeel gemaakt.

Dit onderzoek geschiedde bij twee variëteiten, n.l. twee Thorbeckeknollen *a* en *b*, en drie Eigenheimerknollen *c*, *d* en *e*. Deze knollen hadden een verschillend gewicht, terwijl ook het soortelijk gewicht ongelijk was. De knollen *a* en *b* wogen 148,10 g en 93,61 g, bij een soortelijk gewicht van 1,0974 en 1,0916 (overeenkomend met een onderwatergewicht van 5 kg knollen van 443 g, resp. 420 g). Van de knollen *c*, *d* en *e* bedroeg het gewicht 153,26 g, 81,85 g en 23,81 g, en het soortelijk gewicht 1,0942, 1,0971 en 1,0783, overeenkomend met een onderwatergewicht van 5 kg knollen van 430 g, resp. 442 g, resp. 368 g.

In tabel 15 vinden wij de resultaten der metingen. De preparaten worden hierin aangeduid met: 1, schors, 2, buitenmerg en 3, binnenmerg.

Wij zien dus dat de gemiddelde lengte  $M$  der korrels het grootst is in het buitenste deel van het merg.

TABEL 15

Knollen	Zone van den knol	$n$	$M$ ( $\mu$ )	Med. ( $\mu$ )	$q_1$ ( $\mu$ )	$q_2$ ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{\text{Med.}}$	Min. en max. ( $\mu$ )
Thorbecke, knol $a$ , 148,10 g, S.G. 1,0974, 17,66 % meel	1, schors 2, buitenmerg 3, binnenmerg	1320 1282 1246	23,462 27,046 21,986	17,526 21,726 18,000	10,584 13,122 12,804	30,000 36,318 29,314	0,413 0,429 0,375	0,554 0,534 0,458	2-100 2-108 2-100
Thorbecke, knol $b$ , 93,61 g, S.G. 1,0916, 16,44 % meel	1, schors 2, buitenmerg 3, binnenmerg	1379 1194 1206	19,808 24,700 24,772	16,340 21,356 22,028	10,220 13,802 14,492	25,452 31,620 32,204	0,385 0,361 0,358	0,466 0,417 0,402	2-84 2-88 2-80
Eigenheimer, knol $c$ , 153,26 g, S.G. 1,0942, 16,95 % meel	1, schors 2, buitenmerg 3, binnenmerg	1062 1279 1168	21,296 25,760 20,682	17,632 21,548 17,480	12,272 15,624 8,246	25,174 31,726 27,954	0,303 0,312 0,476	0,366 0,374 0,564	2-88 2-88 2-88
Eigenheimer, knol $d$ , 81,85 g, S.G. 1,0971, 17,59 % meel	1, schors 2, buitenmerg 3, binnenmerg	1159 1119 1253	20,930 22,992 19,846	16,286 18,950 16,198	10,390 12,472 9,740	27,684 28,874 25,676	0,414 0,357 0,396	0,531 0,433 0,492	2-88 2-88 2-84
Eigenheimer, knol $e$ , 23,81 g, S.G. 1,0783, 13,57 % meel	1, schors 2, buitenmerg 3, binnenmerg	1268 1271 1079	17,272 19,490 19,288	13,486 16,596 16,652	8,910 11,004 11,408	21,828 25,522 24,988	0,374 0,372 0,352	0,479 0,437 0,408	2-72 2-68 2-64

Een uitzondering schijnt Thorbecke knol  $b$  te maken, waar wij zien, dat de  $M$  van het binnenste deel van het merg iets boven de  $M$  van het buitenste deel uitkomt; doch het verschil is zoo klein, dat wij er geen realiteit aan kunnen toekennen. Hetzelfde kunnen wij zeggen van Eigenheimer knol  $e$ .

Bij de andere knollen is het verschil echter zeer duidelijk, en blijkt het meel in het binnenste van den knol fijner te zijn dan in de buitenste helft van het merg. Bij Thorbecke knol  $a$  en Eigenheimer knol  $c$  staat dit volkomen vast. Bij Eigenheimer knol  $d$  is het ook vrijwel zeker, n.l. met een kans van 954 tegen 46.

Dat het meel in de schors fijner is dan in het buitenste deel van het merg, blijkt uit al deze metingen. Voor knol  $b$  staat dit volkomen vast; bij de overige

is het zoo goed als zeker; bij knol *a* n.l. met een waarschijnlijkheid van ruim 97 %, bij *c*, *d* en *e* met een waarschijnlijkheid van ruim 97 %, bij *c*, *d* en *e* met een waarschijnlijkheid van ruim 99 %, resp. 80 % en 84 %.

In fig. 16 zien wij de frequentiekrommen, welke betrekking hebben op de 3 zones van Eigenheimer knol *e*.

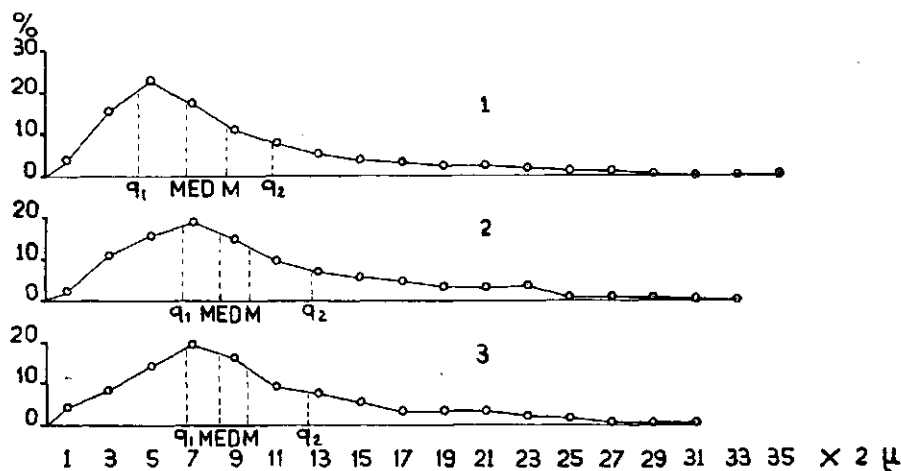


Fig. 16

### § 11. De invloed van den pootafstand op de grootte der zetmeelkorrels

Teneinde den invloed van den pootafstand op de korrelgrootte van het zetmeel na te gaan, werden wij door Ir. J. WIND, destijds directeur van de Christelijke Landbouwwinterschool te Ambt-Hardenberg, in de gelegenheid gesteld, monsters knollen van Eigenheimer te onderzoeken, afkomstig van een pootafstandsproefveld. De proefveldperceelen waren 1 are groot; een perceel was beplant met 400 planten, op een onderlingen afstand van 50 bij 50 cm; het tweede perceel droeg 288 planten, op een onderlingen afstand van 60 bij 60 cm; op het derde perceel stonden 210 planten bij een plantwijdte van 70 bij 70 cm.

Volgens mededeeling van Ir. WIND waren de opbrengsten de volgende:

TABEL 16

Pootafstand	Gewicht van 5 kg knollen onder water	Zetmeelgehalte volgens BEHREND, MAEKER en MORGEN	Opbrengst aan knollen	Opbrengst aan zetmeel
50 × 50 cm	427 g	16,80 %	35 450 kg/ha.	5 956 kg/ha
60 × 60 "	422 "	16,54 %	33 300 "	5 508 "
70 × 70 "	415 "	16,18 %	29 300 "	4 741 "



De sorteering van de knollen in drie grootte-klassen leverde het volgende op, uitgedrukt in gewichtspercentages van de totale opbrengst:

TABEL 17

Pootafstand	Grootte der knollen		
	Groter dan 45 mm	32—45 mm	Kleiner dan 32 mm
50 × 50 cm. . . . .	69,82 %	25,67 %	4,51 %
60 × 60 „ . . . . .	73,72 %	22,38 %	4,20 %
70 × 70 „ . . . . .	76,28 %	19,62 %	4,10 %

TABEL 18

Pootafstand	Gewicht van 5 kg knollen onder water		
	Knollen groter dan 45 mm	Knollen van 32—45 mm	Knollen kleiner dan 32 mm
50 × 50 cm . . . . .	436 g	415 g	357 g
60 × 60 „ . . . . .	429 „	409 „	354 „
70 × 70 „ . . . . .	423 „	398 „	348 „

Door den Heer WIND was tevens het onderwatergewicht per 5 kg knollen van deze drie sorteering bepaald. Dit soortelijk gewicht is in tabel 18 weergegeven.

Van elk perceel hebben wij een monster van 5 kg knollen vermalen en hiervan, volgens de in het voorgaande beschreven methode, het zetmeel gewonnen. Deze aardappelmonsters hadden hetzelfde soortelijk gewicht als in tabel 16 vermeld, behalve het monster van perceel 60 × 60 cm, waarvan het gewicht onder water 417 g bedroeg.

Tabel 19 geeft de uitkomst van onze metingen.

TABEL 19

Per- ceel	Poot- afstand (cm)	Gewicht van 5 kg knollen onder water (g)	n	M (μ)	Med. (μ)	q <sub>1</sub> (μ)	q <sub>2</sub> (μ)	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Min. en max. (μ)
A	50 × 50	427	1351	25,762	22,062	15,048	32,894	0,345	0,446	2-100
B	60 × 60	422	1082	23,558	20,262	12,512	30,786	0,387	0,456	2-84
C	70 × 70	415	1134	22,910	19,822	12,760	30,370	0,384	0,445	2-84

Met het grooter worden van den pootafstand daalt dus niet alleen de opbrengst aan knollen en aan meel, doch neemt ook de gemiddelde lengte der zetmeelkorrels af. De verschillen van het meel zijn echter niet zoo groot,

dat ze geheel vast staan. Dat de M van perceel A groter is dan die van B en van C, heeft een waarschijnlijkheid van 83,5 %, resp. 92,8 %. De waarschijnlijkheid van  $B > C$  is echter slechts 31,8 %.

In tabel 18 zagen wij een daling van het soortelijk gewicht bij alle drie knolsorteringen; hiermee blijkt dus een afnemen van de korrelgrootte van het zetmeel parallel te gaan, zooals wij dat ook hebben gezien in § 9 bij de bespreking van de knollen van gelijk gewicht, doch verschillend in soortelijk gewicht.

## § 12. De zetmeelkorrelgrootte bij verschillende kalibemestingen

In de jaren 1925 tot 1929 werd vanwege de Commissie voor de proefvelden in Overijssel een kali- en fosforzuurbemestingsproefveld geëxploiteerd te De Krim. Dit proefveld, dat onder leiding stond van Ir. J. WIND, was in vijfvoud aangelegd, in de eerste drie jaren met de variëteit Eigenheimer, in de jaren 1928 en 1929 met Thorbecke, waarbij het doel was, den invloed van verschillend zware kali- en fosforzuurbemestingen te onderzoeken.

Wij hebben nu in 1925, 1928 en 1929 de korrelgrootte bepaald bij eenige aardappelmonsters, afkomstig van perceelen, die alleen verschilden in de hoeveelheid kali, die als bemesting was toegediend. De fosforzuur- en stikstof-giften waren op deze perceelen gelijk, n.l. 100 kg  $P_2O_5$  en 110 kg N per ha. Een van de perceelen was steeds zonder kalibemesting gebleven, alleen in het 5de jaar, 1929, is ook op dit perceel een kleine hoeveelheid, n.l. 60 kg patentkali per ha, gestrooid, daar hier na de 4 voorafgaande jaren de kali-armoede zoo groot bleek te zijn geworden, dat er zonder kalitoediening geen behoorlijk gewas meer van was te verwachten.

De opbrengsten van de proefveldobjecten, die ons hier aangaan, waren volgens het verslag van Ir. WIND als volgt, waarbij tevens alles vergeleken wordt met het object 200 kg/ha patentkali, waarvan de opbrengst op 100 wordt gesteld.

TABEL 20

	Kaligiften in kg/ha	Op- brengst knollen in kg/ha	Onder- water- gewicht in g	Meel- opbrengst volgens BEHREND, MAERKER en MORGEN in kg/ha	Verhouding der opbrengsten en middelbare fout	
					Knollen	Zetmeel
1925	a. 240 kg (als kali- zout 40 %) . . .	39 062	383	5 691	98,50 ± 2,90	88,10 ± 3,05
	b. 240 kg (als patent- kali) . . . . .	39 656	417	6 460	100	100
	c. geen kali . . . .	37 993	436	6 561	95,81 ± 2,11	101,56 ± 2,98

	Kaligiften in kg/ha	Op- brengst knollen in kg/ha	Onder- water- gewicht in g	Meel- opbrengst volgens BEHREND, MAERKER en MORGEN in kg/ha	Verhouding der opbrengsten en middelbare fout	
					Knollen	Zetmeel
1928	a. 240 kg (als kali- zout 40 %) . . . .	42 170	467	7 948	105,13 $\pm$ 1,53	97,54 $\pm$ 1,73
	b. 240 kg (als patent- kali) . . . . .	40 110	495	8 149	100	100
	c. geen kali . . . . .	26 880	472	5 163	67,02 $\pm$ 6,56	63,37 $\pm$ 6,95
	d. 120 kg (als patent- kali) . . . . .	38 640	498	7 894	97,29 $\pm$ 3,22	96,87 $\pm$ 2,56
1929	a. 240 kg (als kali- zout 40 %) . . . .	42 650	451	7 688	100,50 $\pm$ 0,47	98,24 $\pm$ 0,81
	b. 240 kg (als patent- kali) . . . . .	42 440	459	7 826	100	100
	c. 60 kg (als patent- kali) . . . . .	37 090	482	7 281	87,39 $\pm$ 1,79	93,04 $\pm$ 1,07
	d. 120 kg (als patent- kali) . . . . .	40 280	479	7 856	94,91 $\pm$ 0,69	100,38 $\pm$ 1,23

Van elk dezer bemestingsobjecten ontvingen wij voor ons onderzoek 5 kg knollen, welke wij in het laboratorium hebben verwerkt op zetmeel, dat daarna werd gezuiverd en gedroogd. De meting der zetmeelkorrels leverde het volgende resultaat op:

TABEL 21

	Kaligiften in kg/ha	n	M ( $\mu$ )	Med. ( $\mu$ )	q <sub>1</sub> ( $\mu$ )	q <sub>2</sub> ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Min. en max. ( $\mu$ )
1925	a. 240 kg (als kalizout 40 %) . . . . .	1297	24,632	21,322	14,986	30,388	0,313	0,362	2-88
	b. 240 kg (als patent- kali) . . . . .	1059	26,778	22,644	15,476	34,484	0,355	0,421	2-88
	c. geen kali . . . . .	1202	23,704	19,980	13,582	29,830	0,342	0,406	2-100
1928	a. 240 kg (als kalizout 40 %) . . . . .	1059	28,354	24,054	16,862	36,518	0,347	0,409	4-92
	b. 240 kg (als patent- kali) . . . . .	1420	24,192	20,000	12,970	32,000	0,393	0,476	2-88
	c. geen kali . . . . .	1152	23,010	18,152	11,426	35,302	0,519	0,658	2-100
	d. 120 kg (als patent- kali) . . . . .	1198	32,884	28,934	20,470	42,332	0,332	0,378	2-124

	Kaligiften in kg/ha	<i>n</i>	<i>M</i> ( $\mu$ )	<i>Med.</i> ( $\mu$ )	<i>q</i> <sub>1</sub> ( $\mu$ )	<i>q</i> <sub>2</sub> ( $\mu$ )	$\frac{Q}{M}$	$\frac{Q}{Med.}$	Min. en max. ( $\mu$ )
1929	a. 240 kg (als kalizout 40 %) . . . . .	1239	29,036	25,532	15,088	38,946	0,411	0,477	2-96
	b. 240 kg (als patent- kali) . . . . .	1171	29,826	25,430	16,982	39,948	0,385	0,452	2-100
	c. geen kali . . . . .	1239	27,660	23,738	15,926	34,932	0,343	0,400	2-88
	d. 120 kg (als patent- kali) . . . . .	1280	27,328	22,500	14,884	35,952	0,386	0,468	2-104

Weglating van de kaligift blijkt dus tengevolge te hebben, dat de gemiddelde grootte der zetmeelkorrel daalt. Het meel is in alle drie gevallen fijner dan bij een volledige bemesting met patentkali. Volkomen vast staat dit echter niet, hoewel de waarschijnlijkheid toch in twee van de gevallen groot is, in 1925 en 1929 n.l. 94,9 % resp. 82,9 %; in 1928 echter slechts 54,6 %.

Overigens valt er uit deze proeven niets met voldoende zekerheid af te leiden.

## SAMENVATTING

In de eerste plaats wordt uitvoerig de methode beschreven om de lengte der zetmeelkorrels van het aardappelmeel te bepalen en de meetresultaten overzichtelijk te rangschikken in frequentiekrommen (verdeelingskrommen) en in summatiekrommen. Het percentage der korrels van elke grootte-klasse kan hieruit worden afgelezen. Van de frequentiekrommen worden een aantal grootheden, n.l. de Mediane en de kwartielen, de variabiliteitscoëfficiënt, alsmede de gemiddelde lengte der korrels berekend.

De frequentiekromme van het meel is scheef, en logaritmisch. De betrouwbaarheid der metingen wordt bepaald.

Uit de frequentiekrommen kan de gewichtskromme worden afgeleid, waarin het gewichtsperscentage van elke grootteklasse der korrels kan worden afgelezen.

Ook de vorm der zetmeelkorrels wordt bestudeerd.

Met behulp van deze meetmethode wordt dan de korrelgrootte van vijf meelkwaliteiten, n.l. supra, prima, prima-secunda, secunda en tertia bepaald, waarbij tegelijkertijd het percentage gecorrodeerde korrels wordt vastgesteld. Het blijkt, dat het tertia-meel het fijnst van korrel is en dat meer dan 25 % der korrels hiervan min of meer ruw van oppervlakte, aangevreten zijn. Ook in het secunda-meel komen ruim 15 % gecorrodeerde korrels voor.

Het onderzoek van het supra-meel van een groot aantal fabrieken bracht groote verschillen aan het licht. Meelmonsters van een en dezelfde campagne-week werden onderzocht; de gemiddelde korrelgrootte bleek uiteen te loopen van ruim 24 tot ruim 31  $\mu$ . Verband tusschen rendement en korrelgrootte kon niet worden aangetoond.

Uit het onderzoek van het meel van 10 aardappelvariëteiten, verbouwd op hetzelfde proefveld onder geheel gelijke omstandigheden, bleek, dat de eene variëteit grover meel voortbrengt dan de andere; het fijnste meel was afkomstig van Roode Star, het grofste van Triumf.

Het verband tusschen de korrelgrootte van het zetmeel en het tijdstip van rooien van het gewas werd nagegaan bij Eigenheimer en Thorbecke, gerooid op drie verschillende tijden. In beide gevallen bleek de gemiddelde korrelgrootte de laagste waarde te bezitten op den laatsten rooidatum, toen de planten reeds waren afgestorven. Het hoogste gemiddelde was bij Eigenheimer op den tweeden rooidatum bereikt, bij Thorbecke echter op den eersten.

Duidelijk bleek er verband te bestaan tusschen de grootte (gewicht) der knollen en de korrelgrootte van het meel; de groote knollen leveren grover meel dan de kleine. Werden knollen van gelijk gewicht, doch verschillend in soortelijk gewicht, met elkander vergeleken, dan bleek de knol met het hoogste soortelijk gewicht het grofste meel te bevatten.

De gemiddelde grootte der zetmeelkorrels is niet in alle deelen van den knol gelijk. In het buitenste gedeelte van het merg bleek het meel het grofst te zijn; in de schors het fijnst. In den regel is het meel in het centrum van het merg fijner dan in de buitenste merglaag.

De standruimte der aardappelplanten bleek van invloed te zijn op de korrelgrootte van het meel, in dien zin, dat Eigenheimer bij den kleinsten pootafstand van de proef, n.l. 50 bij 50 cm, het grofste meel opleverde.

Bij bemestingsproeven, waarbij de werking van kalizout 40 % werd vergeleken met die van patentkali, en met weglating van de kali, kon alleen worden vastgesteld, dat armoede aan kali de gemiddelde grootte der zetmeelkorrels doet dalen.

In een en dezelfde partij aardappelmeel varieert de korrelgrootte zeer sterk. De kleinste korrels hebben een middellijn van ongeveer 2  $\mu$ ; de grootste korrel, bij deze onderzoeken aangetroffen, had een lengte van 124  $\mu$ . Korrels, langer dan 100  $\mu$ , zijn echter zeldzaam.

## LITERATUUR

1. O. SAARE. Die Fabrikation der Kartoffelstärke. 1897.
2. E. PAROW. Handbuch der Stärkefabrikation. 1928, 2. Aufl.
3. PH. VAN TIEGHEM. Traité de Botanique, 1891.
4. A. E. VOGL. Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel. 1899.
5. A. TSCHIRCH und O. OESTERLE. Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde. 1900.
6. J. J. PRINS. De fluctueerende variabiliteit van microscopische structuren bij planten. Dissertatie Groningen. 1904.
7. M. PASSON. Kleines Handwörterbuch der Agrikulturchemie. 1910.
8. B. TOLLENS. Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate. 1914.
9. K. HASSACK. Physikalische und mikroskopische Warenprüfungen. 1921.
10. O. NERLING. Ueber die quantitative Bestimmung der Korngrösse der Kartoffelstärke, nebst Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Stärkekorngrösse der Kartoffel. Wissenschaftliches Archiv für Landwirtschaft. 3. Bd. 1930.
11. ARTHUR MEYER. Untersuchungen über die Stärkekörner. 1895.
12. T. TAMMES. Der Flachsstengel. Eine statistisch-anatomische Monographie. 1907. Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen. Derde verzameling. Deel VI, vierde stuk.
13. O. TUNMANN. Pflanzenmikrochemie. 1913.
14. J. H. ENGELHARDT. Bijdrage tot de kennis van capillaire verschijnselen in verband met de heterogeniteit van den grond. Dissertatie Wageningen. 1928.
15. W. JOHANNSEN. Elemente der exakten Erblchkeitslehre, 2e Aufl. 1913.
16. E. MÖLLER-ARNOLD und E. FEICHTINGER. Der Feldversuch in der Praxis. 1929.
17. J. C. KAPTEYN. Skew frequency curves in biology and statistics. 1903.
18. C. J. BAART DE LA FAILLE. Statistische onderzoekingen bij *Senecio vulgaris* L. Dissertatie Groningen. 1914.
19. K. O. MÜLLER und R. LEHMANN. Ueber Stärkekorn- und Zellengrösse bei der Kartoffelknolle. Angewandte Botanik, 8, 1926, pag. 314—350.

## LIJST DER FIGUREN

- Fig. 1. Zetmeelkorrels in het gezichtsveld van den microscoop, met kwadratennet.
- „ 2. Verschillende vormen van aardappelmeelkorrels.
  - „ 3. Frequentiekromme van suprameel (fabriek F).
  - „ 4. Summatiekromme van suprameel (fabriek F); bovenste kromme = lengte der korrels; onderste kromme = gewicht der korrels.
  - „ 5. Frequentiekrommen van supra-, prima- en prima-secundameel.
  - „ 6. Frequentiekrommen van supra-, secunda- en tertiameel.
  - „ 7. Frequentiekrommen van supra- (s), prima- (p), prima-secunda- (ps), secunda- (sc) en tertiameel (t).
  - „ 8. Frequentiekromme van suprameel van fabriek C.
  - „ 9. Frequentiekromme van suprameel van fabriek C; x-as met logarithmische verdeling.
  - „ 10. Relatieve korrelgrootte der voornaamste zetmeelsoorten (uit VogL: Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel. 1899).
  - „ 11. Gemiddelde lengte der zetmeelkorrels van 10 aardappelvariëteiten.
  - „ 12. Frequentiekrommen van de korrelgrootte der Thorbecke-knollen sorteeringen: rijksdaaldersrooster (R), guldensrooster (G) en kriel (K).
  - „ 13. Frequentiekrommen van de korrelgrootte der Thorbecke-knollen sorteeringen: rijksdaaldersrooster + guldensrooster (R + G), en rijksdaaldersrooster + guldensrooster + kriel (R + G + K).
  - „ 14. Summatiekrommen van de korrelgrootte der Thorbecke-knollen sorteeringen: rijksdaaldersrooster + guldensrooster (R + G), en rijksdaaldersrooster + guldensrooster + kriel (R + G + K).
  - „ 15. Frequentiekrommen van het meel van 3 knollen (A, E en N) van verschillend gewicht van 1 Thorbeckeplant; A. 137 gram, E. 83 gram, N. 21 gram.
  - „ 16. Frequentiekrommen van het meel uit 3 zones van 1 Eigenheimer-knol (1 = schors; 2 = buitenhelft van het merg; 3 = binnenste merg).

## INHOUD

	Blz.
§ 1. Inleiding . . . . .	1223
§ 2. Methode van meting der zetmeelkorrels, en constructie der frequentiekromme . . . . .	1226
§ 3. De mate van betrouwbaarheid der metingen . . . . .	1238
§ 4. Gewichtskrommen . . . . .	1239
§ 5. Vorm der zetmeelkorrels . . . . .	1242
§ 6. De korrelgrootte van supra-meel van verschillende fabrieken .	1243
§ 7. Vergelijking van de korrelgrootte van het meel van een aantal aardappelvariëteiten . . . . .	1250
§ 8. De korrelgrootte en het tijdstip van rooien. . . . .	1255
§ 9. De grootte der zetmeelkorrels bij knollen van verschillende grootte en verschillend soortelijk gewicht . . . . .	1257
§ 10. De korrelgrootte in verschillende deelen van den knol . . .	1264
§ 11. De invloed van den pootafstand op de grootte der zetmeelkorrels	1266
§ 12. De zetmeelkorrelgrootte bij verschillende kalibemestingen . .	1268
Samenvatting . . . . .	1270
Literatuur . . . . .	1272
Lijst der figuren . . . . .	1273